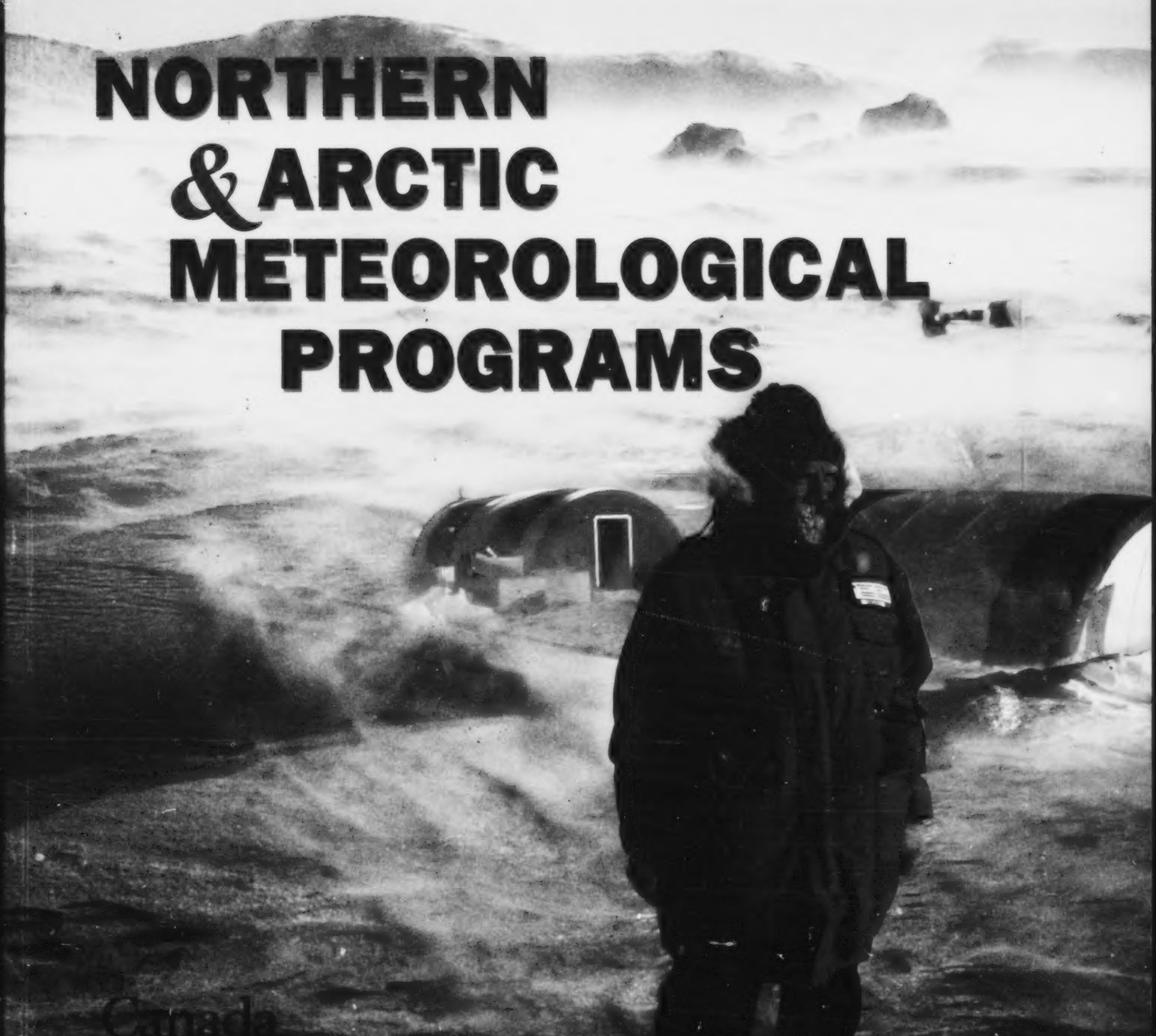
EC
Science & Service

Environment Canada / Environnement Canada
Meteorological Service of Canada / Service Météorologique du Canada

NORTHERN & ARCTIC METEOROLOGICAL PROGRAMS



Canada

Authors
Victoria Hudec • Angus Fergusson
Meteorological Service of Canada
Environment Canada

This report is available electronically at:
http://www.msc-smc.ec.gc.ca/acsd/publications

To obtain additional copies of this report please write or call:
Science Assessment and Integration Branch
Meteorological Service of Canada
4905 Dufferin Street
Downsview, Ontario
M3H 5T4

(416) 739-4645

Published by the Authority of the Minister of the Environment
© Minister of Supply and Services
Canada 2005

Catalogue No.: En56-204/2005
ISBN No.: 0-662-68616-0

106-04655/

Table of Contents

ACKNOWLEDGEMENTS i

MESSAGE FROM THE ASSISTANT DEPUTY MINISTER iii

INTRODUCTION 1

METEOROLOGICAL SERVICE OF CANADA'S ORGANIZATION FOR THE NORTH 4

MSC NORTHERN SERVICES AND NETWORKS 6

High Arctic Weather Observatories 7
Weather Forecasts and Outreach 7
Weather Observing Networks 9
- Upper Air Network 9
  - Canadian Aircraft Meterorological Data Relay (AMDAR) 10
- Public Surface Weather Network 11
- Aviation Surface Weather Network 11
  - Automatic Weather Observing Stations 12
  - MSC Arctic Surface Weather Instrumentation and Systems Test Site 13
- The Canadian Lightning Detection Network 13
- Marine Monitoring Networks 15
  - Voluntary Observing Ships and Automated Voluntary Observing Ships 15
  - EC's ODAS Buoy Program for the North 16
  - Data Buoys on Ice in the Arctic Basin 16
  - CIS Data Buoys on Ice 16

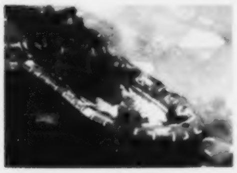
Ice 17
- Arctic Shipping 17
- Ice Data Acquisition 17
- Floe Edge Advisory 18
- Sea Ice Products and Climate Data Archive 19

Water 19
- Water Survey 19

Climate 21
- Global Climate Observing System Surface Network (GSN) 21

RESEARCH 22

The Fourth International Polar Year (2007 - 2008) 22
Atmosphere 23
- Atmospheric Monitoring at MSC's High Arctic Observatory at Alert, NU 23
  - Global Atmospheric Watch Program 23
  - ALERT 2000 – Polar Sunrise Experiments 25
- Toxic Contaminants 27
  - Northern Contaminants Program 27
  - Sources of Organochlorine Pesticides 28
  - Mercury 30
  - Atmospheric Heavy Metals 31
  - Using Pesticide Emissions Inventories to Determine Sources and Pathways of Pollutants 31



Regional Air Quality Programs to Assess the Impacts of Current and Future Northern Development 32
The Ocean-Atmosphere-Sea Ice-Snowpack Study (OASIS)....34
Canadian Systematic Measurements of Stratospheric Ozone and UV 34
Climate and Climate Change 35
Global Climate Observing System (GCOS) 35
Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis (CCCma) 36
The Canadian Climate 36
Permafrost....37
Mackenzie GEWEX Study (MAGS)....38
Impacts and Adaptation 40
Mackenzie Basin Impacts Study 40
Cryosphere....41
Tracking Snow and Ice 41
Satellite Derived Measurements of Canadian Tundra Snow Cover 42
Cryosphere System in Canada (CRYSYS)....43
The Arctic Climate System Study (ACSYS) 44
Climate and Cryosphere Project (CliC) 45
Canadian Archipelago Through-Flow Study (CATS) 46
The Canadian Arctic Shelf Exchange Study (CASES)....47
ArcticNet 48
Meteorology & Hydrology 49
MSC's National Hydrometeorology and Arctic Lab 49
Hydrometeorology Lab 49
Arctic Lab 49
Mesoscale Modelling of Atmospheric Phenomena in the Arctic 50
Studying Impacts of Meteorological Hazards on Local Communities....51
High-Impact Weather Forecasts - Thorpex Arctic Field Experiment 51
Streamflow Prediction....52
RELATED INTERNET SITES ____ 53
GLOSSARY ____ 55

Acknowledgements

We acknowledge with appreciation the excellent effort put forth by **Georgia Simms** in researching material for this report. We would also like to thank the **MSC staff** who provided information on the many MSC services and research initiatives in the North.

In addition, we would like to thank the **MSC staff in the Regions, the Canadian Ice Service and the Atmospheric and Climate Science Directorate** for their detailed review of the material in this report. Special appreciation goes to **Deborah Brown, Lorne Baker, Jeff Sowiak, Ross Brown** and **Janice Lang.**

Photograph on front cover; page ii and page iv:
Janice Lang, Defence R&D Canada - Ottawa

Graphic design and print production provided by:
BTT Communications (Toronto)

Message from the Assistant Deputy Minister

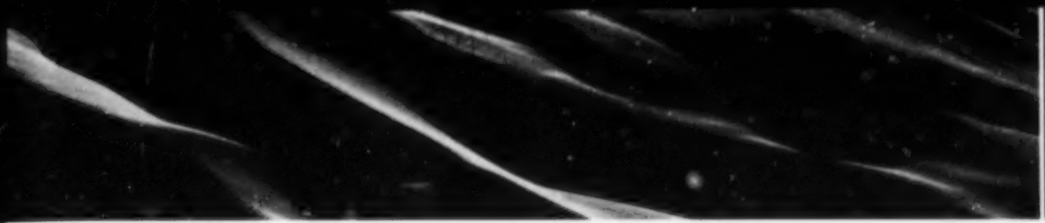
It is with great pride that I make this report available to you on the Meteorological Service of Canada's (MSC) activities in the North and the Arctic. In less than one hundred years, we have gone from simply making meteorological observations in the North to providing timely and accurate meteorological, climate, hydrological, and ice services to Canadians in the North, as well as conducting and participating in research in support of national and international programs.

All four functions of the MSC, namely: monitoring, prediction, service and science, support our northern and arctic programs. Despite the harsh environment of the North and the Arctic, MSC has risen to the formidable challenge of serving the sparse population living in this immense region. MSC also contributes significantly to national and international research initiatives. For example, the Alert Global Atmospheric Watch Program and research facilities have attracted many scientists from around the World. MSC is also modernizing the administration and the accommodation facility at Eureka to better address the needs of the staff and visiting scientists who use Eureka as a stopover during their long journeys to the higher Arctic.

Our research scientists, in collaboration with universities and international scientists, continue to increase our understanding of the northern and arctic atmosphere and the cryosphere. Our quest to understand the atmospheric and climate processes in the North has led us, for example, to an understanding of how the climate is changing, how arctic ice, snow and atmospheric processes work, and how to model the northern and arctic atmosphere. With this increased knowledge, we can make reliable predictions of future states of the atmosphere and climate due to climate change.

I would like to take the opportunity to thank all the staff who have contributed to the success of MSC's northern and the arctic programs. I would also like to invite you to discover, through this report, how MSC's science and service in this region benefit Canadians and the world.

Marc Denis Everell



Introduction

MSC's Northern Services and Science

Canada's northern region is a vast area covering the land and ocean-based territory that lies above the line of discontinuous permafrost. Environment Canada's definition of Canada's North includes the Yukon, the Northwest Territories, Nunavut, the Hudson Bay Lowlands, northern Quebec and Labrador, and encompasses eight different ecological zones. The area north of the Arctic Circle is defined as Canada's Arctic Region.

Within this huge northern region, characterized by harsh climates and sparse populations, the Meteorological Service of Canada (MSC) provides science-based services and conducts research and development to ensure human safety and well-being, to protect the environment, to foster economic development, and to further our understanding of the northern atmosphere and environment.

The best known of these science-based services are the public, aviation and marine advisory and warning programs. These programs generate advisories and warnings based on meteorological and ice observations. They include public weather forecasts, aviation information and forecasts, and sea and ice conditions and forecasts for the marine community. The scope is huge. Every community in the North has the benefit of public weather information and forecasts; every aviation flight throughout the North is provided with current weather information and a forecast for the flight path; and every marine voyage, through northern or arctic waters, has at its disposal the latest sea, ice and weather conditions. The hydrometric network in the North (in partnership with Indian and Northern Affairs Canada) supports transportation on major rivers, hydro operations, and forecasting of floods, rain events and ice jams. MSC's data and forecasts help northern industries to operate effectively and efficiently, leading to economic prosperity for the North and Canada.

These science-based services are available because of the sound and excellent research that has taken place at MSC over many decades. The backbone of the Meteorological Service of Canada is the data that is collected through its weather, climate, marine, atmospheric and water monitoring networks. Based on these observations, MSC has developed some of the finest numerical weather and climate prediction models in the world. These tools enable meteorologists to produce weather forecasts for northern communities in the same manner as they do for other Canadian cities such as Toronto or Vancouver.

MSC scientists, working with partners, investigate key northern issues such as air quality, the distribution of toxic substances, how the climate is changing, and the current and future state of the arctic ozone layer and ultraviolet radiation. Measurements and observations for research come from ground-based, airborne and satellite instruments that are located at various northern field sites, including MSC's Alert and Eureka observatories located in the High Arctic. Much of the research associated with these measurements and observations is conducted by MSC's Atmospheric and Climate Science Directorate (ACSD). MSC scientists collaborate with colleagues from Canadian universities and international government institutions and universities to carry out northern research. This collaborative effort has resulted in a much greater understanding of global issues involving contaminants and toxic substances, climate change and ozone depletion.

Canada's obligations under international protocols and agreements also help determine MSC's northern research agenda. The Montreal Protocol for the Protection of the Ozone Layer and the Kyoto Protocol on Climate Change require Canada to further its understanding of these issues and to contribute to the international body of knowledge. MSC scientists participate in many key international forums and advisory groups such as the International Panel on Climate Change (IPCC), and contribute to international policy relevant assessments. Through Canada's membership in the Arctic Council, MSC scientists have contributed to the Arctic Climate Impacts Assessment. This assessment will lead to a better understanding of arctic science and will identify areas for future research.

Under the Montreal Protocol, MSC scientists continue to monitor the thickness of the northern and arctic ozone layer, especially in the springtime. This will ensure the effectiveness of global control measures and help to identify further required actions. MSC scientists have also been involved in tracking the long-range transport of heavy metals and pesticides over the Arctic from source regions across the world. Through MSC's climate network, scientists have determined that the western arctic climate has warmed by 3 to 5 Celsius over the past 40 years. MSC research has documented a number of important impacts of this warming, which include melting of glaciers, thawing of permafrost, a reduction in the thickness and extent of ice cover, earlier melt of snow in the spring period, and changing precipitation patterns. Information on the magnitude and rate of change in the climate system is essential to help Canadians and citizens of other countries to adapt to climate change.

Environment Canada's boundary for North

Global Climate Models are the only tools available to look into the future and predict how climate patterns and ocean circulation will respond to changes in greenhouse gases and related pollutants in the atmosphere. The Meteorological Service of Canada's scientists are pioneers and world leaders in building and using global climate models. Scientists at MSC's Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis (CCCma) developed a coupled atmosphere/ocean/sea-ice model, which is considered to be among the best in the world. Beyond coupling the atmosphere, ocean and ice systems, MSC climate scientists have taken on the bold challenge of developing the next generation of climate models that will include the key biological and chemical processes that regulate the global carbon cycle – and thus, our climate. Understanding how the biosphere will respond to higher atmospheric concentrations of greenhouse gases, and in turn, what feedbacks this will have on the atmosphere, is essential for formulating policy to respond to our Kyoto commitments.

In addition to informing policy in Canada, Canadian climate models have been used extensively internationally. The 2001 *Third Assessment Report* of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) used the Canadian model along with three others in its key studies to determine whether the human effect on climate was detectable in global climate data. The Canadian climate model was also one of two used (the British Hadley Centre model was the other) in the recent *National Assessment of the Potential Impacts of Climate Variability and Change* in the U.S.

Over the next ten years, MSC's research and development (R&D) objectives for the North are to:

1. Support risk-based decision making involving high impact atmospheric and related environmental events (weather, air quality, hydrology etc.) affecting Canadians' safety and security, their economy and the environment on the scale of minutes, days and weeks.
2. Support risk-based decision making involving atmospheric and related environmental change and variability affecting Canadians' security and health, economy and the environment on the scale of weeks, years and centuries.
3. Provide a coherent and consistent picture of the present and past states of the atmosphere and related environment.

The demand for MSC's northern services and research will continue to be pressing as economic development in southern Canada and in the North puts further stress on the northern atmospheric environment. Over the next five years, exploratory drilling will return to the Beaufort Sea and a proposed gas pipeline will be built through the Mackenzie Valley. These big ventures and others will lead to more people in the North working in an ever-changing environment. It will result in a need for additional services and further atmospheric and environmental research.

There are many challenges inherent in providing theses services. Communications challenges are significant, including language; for example, Inuktitut is the first language of approximately 85% of the population in Nunavut. Media coverage is mainly centralized in the three large communities of Yellowknife, Rankin Inlet and Iqaluit. Automated broadcasts, automated telephone answering devices (ATADs) and Weatheradio service the other areas. The MSC has numerous networks and stations in the North, but given the vast size of the North, the data density is sparse. MSC's challenge is to provide these needed services in a cost effective manner while insuring it meets the needs of northerners and Canadians.

METEOROLOGICAL SERVICE OF CANADA'S ORGANIZATION FOR THE NORTH

The Meteorological Service of Canada is Environment Canada's lead service for northern science and technology and provides leadership in service delivery in the North.

The components of the Meteorological Service of Canada (MSC) that contribute to northern services and research are located in MSC's Regions across Canada, in MSC's Headquarters in Downsview, Ontario, and at the Canadian Ice Service in Ottawa, Ontario. In the North, MSC owns and operates observation facilities at Eureka and Alert, upper air facilities at 17 locations in the North, and has climate, weather, and hydrometric observing stations throughout the North.

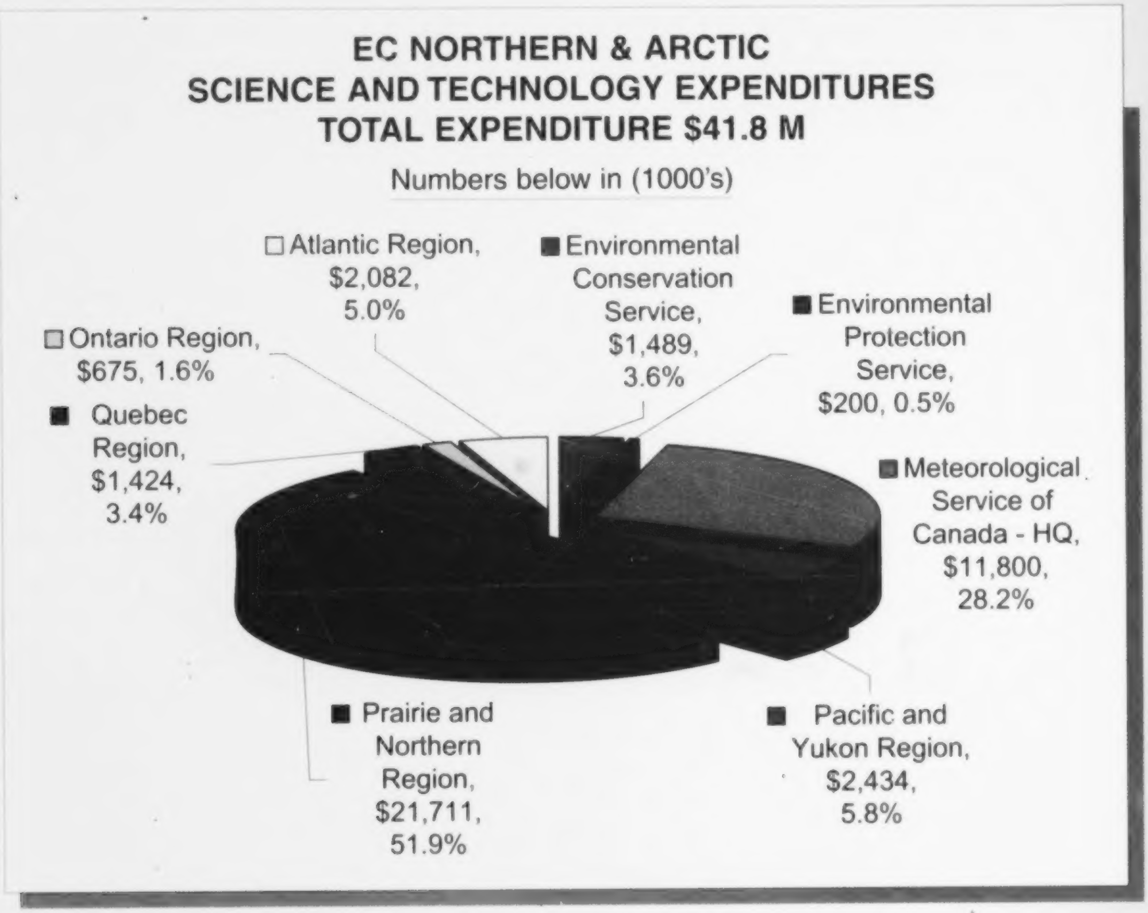
Since 2002, MSC has been transformed from 15 weather centres into five new Storm Prediction Centres (SPCs). Forecasting responsibility for Canada's northern regions will be shared among the Centres:

- Pacific SPC (Vancouver) - for Yukon Territory
- Prairie and Arctic Storm Prediction Centre (Edmonton) - for Nunavut and the Northwest Territories
- Ontario SPC (Toronto) - for northern Ontario
- Quebec SPC (Montreal) - for northern Quebec
- Atlantic SPC (Halifax) - for Labrador

The new Canadian Meteorological Aviation Centres (CMACs) in the east (Montréal) and in the west (Edmonton) became operational in the spring of 2004. The CMAC in Montreal handles aviation forecasts for northern Ontario, northern Quebec and Labrador. The CMAC in Edmonton produces aviation forecasts for Nunavut, the Northwest Territories and the Yukon Territory.

Observation facilities at Eureka, NU

The MSC has established a national lab in Edmonton, co-located with the storm prediction centre (SPC), which will focus on applied science dealing with hydrometeorology and arctic weather. Special positions in warning preparedness and outreach have been created to address high impact weather issues in Nunavut and the Northwest Territories by identifying opportunities to improve Environment Canada's program effectiveness, and by working with communities to reduce risks.



This chart provides an estimate of Environment Canada's northern expenditures. These expenditures are difficult to determine accurately because in many cases, northern services or programs are not classified specific to the North - they are considered extensions of national services or programs.

MSC NORTHERN SERVICES AND NETWORKS

The Meteorological Service of Canada (MSC) provides vital science-based services to northern communities that include weather forecasts, warnings and advisories, ice and floe edge information, water surveys, climate monitoring, and information dissemination.

These northern services are based on ground-based observational and monitoring networks, state-of-the-art environmental monitoring technologies, forecaster workstation technology using sophisticated weather prediction models, and satellite data. MSC delivers these services in the North through the effective use of technology by MSC meteorologists, and through partnerships and coordinated efforts between MSC and provincial, territorial, and municipal governments, as well as other federal government services, departments and agencies, and private industry.

The services that MSC provides also support MSC's research and development initiatives for the North. This includes logistics requirements for northern observatories, the establishment of environmental monitoring sites, and support for northern research aircraft.

MSC also makes important contributions to the international community through data exchange and other agreements with the World Meteorological Organization. For example, data from MSC upper air stations, arctic buoys and solar radiation and stratospheric ozone monitoring instruments are essential for weather and environmental monitoring over high latitudes of the Northern Hemisphere.

AWOS instruments at MSC's High Arctic Observatory at Alert, NU

High Arctic Weather Observatories

MSC operates two weather observing stations in the High Arctic, one at Eureka and the other at Alert, both located on Ellesmere Island in Nunavut. These observatories are operated in partnership with the Department of National Defence (DND). The eight staff at Eureka and the three staff at Alert carry out upper air soundings twice daily and are responsible for routine data collection. The High Arctic Weather Station (HAWS) staff provide basic weather data, and are critical for arctic weather and atmospheric observations that feed into scientific research on issues such as global warming and the depletion of the ozone layer. The HAWS also provide support to a wide variety of partners and clients such as Energy, Mines and Resources (EM&R) and the Polar Continental Shelf Project (PCSP). Many northern expeditions undertaken by groups from around the world rely on these stations for support.

During the summer of 2004, MSC started construction of a new two-storey administration and accommodation facility in Eureka. The building is tentatively scheduled for completion by late 2005. The new complex will replace the current building, which dates from the 1960s. This new facility will enhance the capacity for a wide variety of research, and other operations in Canada's High Arctic.

Photo by Janice Lang, DRDC

Ozonesonde launch at Alert, NU

Weather Forecasts and Outreach

Sparse populations, communication challenges and the need for services in Inuktitut and other languages make providing weather services in the North especially challenging. MSC ensures that northerners receive timely weather information in order to make informed decisions for their health and safety, security and economic prosperity. With the difficulties inherent in providing weather information in the Arctic, MSC has and is developing working relationships with the media, other governments, non-government organizations, and industry to deliver this service. It is an on-going process that is continually changing to meet the needs of Canadians in the North, and the aviation and shipping industries.

Public Weather forecasts and information is disseminated in the North through automated telephone answering devices (ATADs), Weatheradio, the media (newspapers, and radio and television broadcasts including the CBC and TVNC), and through MSC's '*WeatherOffice*' website (**http://weatheroffice.ec.gc.ca/canada_e.html**). This website provides Canadians with on-line access to the following regional meteorological services:

- Short-term and long-term weather forecasts (including current weather, 5 day weather forecasts and long-range seasonal forecasts)
- Weather warnings, advisories and special weather statements
- Past weather / climate data

The public forecast regions for Canada's North incorporate both community names and well-recognized geographic or traditional names to reflect smaller traditional divisions. MSC provides computer generated voice messages of

current weather conditions, in Inuktitut, on the Nunavut Weatheradio and ATADs. Upon request, MSC spokespeople also give radio broadcast interviews to explain unusual weather events, as well as provide monthly climate reviews to the media. Storm Prediction Centres disseminate this information across the country. Environment Canada also has a number of subscription services available for weather radar and satellite images.

Wind Chill Hazards

Wind Chill	Description	Hazard
0 to -9	Low	• Slight increase in discomfort.
-10 to -24	Moderate	• Uncomfortable. • Exposed skin feels cold. • Risk of hypothermia if outside for long periods.
-25 to -44	Cold	• Risk of skin freezing (frostbite). • Check face, fingers, toes, ears and nose for numbness or white • Risk of hypothermia if outside for long periods.
-45 to -59	Extreme	• Exposed skin may freeze in minutes. • Check face, fingers, toes, ears and nose for numbness or white • Serious risk of hypothermia if outside for long periods. • Be ready to cut short or cancel outdoor activities.
-60 and colder	Extreme	DANGER! • Outdoor conditions are hazardous. • Exposed skin may freeze in less than 2 minutes.

MSC's wind chill card.

MSC is improving weather services in the North by introducing a new winter storm watch program that will provide Northerners with better advance notification of severe weather. In spring 2005, MSC will reorganize the existing public forecast regions to improve the accuracy of the day-to-day forecasts in a number of communities in the Northwest Territories and Nunavut.

MSC also produces aviation and marine forecasts for the North and Arctic Regions. Aviation weather forecasts are issued from MSC's two Meteorological Aviation Centres for Nav Canada. This information and current weather information for Northern and arctic airports is available on NAV Canada's website at **http://www.flightplanning.navcanada.ca**.

MSC also uses the marine communication system of the Canadian Coast Guard to broadcast weather and ice forecasts to mariners at sea in the North. In addition, MSC provides the Canadian Coast Guard with specialized ice and weather forecasts for their icebreakers' operations.

To ensure the safety and well-being of Northerners and to help northern industry and public aviation operate effectively and efficiently, the MSC has special warning preparedness and outreach programs in place in the North. MSC Regions are also active in distributing outreach material. For example, in cooperation with the Department of Education, MSC Pacific and Yukon distributed the new pocket-sized wind chill chart to every school age child in the Yukon with the hope that the occurrence of frostbite among the young will decrease. The internet-based school weather program "Sky Watchers" is now available to all teachers in the North, and in the coming years, plans are in place to highlight special northern weather related issues.

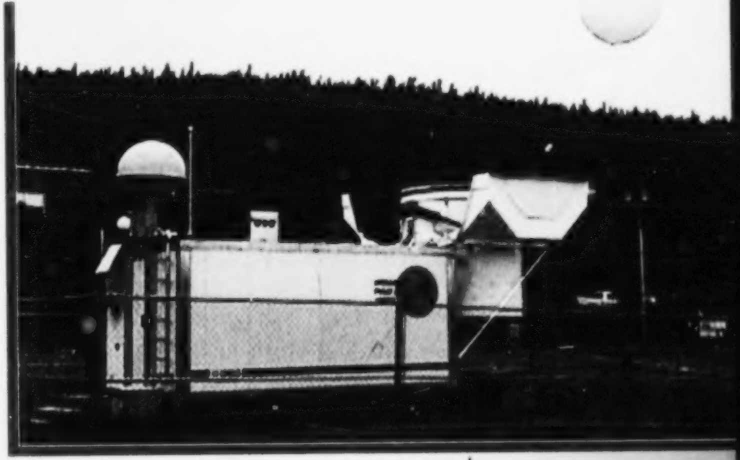
Quebec Region's weather forecast office for northern Quebec.

Weather Observing Networks

Critical weather elements such as temperature, precipitation and wind speed are observed in real time to provide timely, accurate forecasts and warnings to the public. In Canada's northern regions, this is a very big challenge since the distances between observing sites are very large. The use of satellite data can only partially compensate for sparse surface data.

In the North, the MSC manages the **Upper Air Network, the Public Surface Weather Network, the Canadian Lightning Detection Network and the Marine Network**. MSC is also an integral part of the operation of NAV CANADA's **Aviation Weather Network**. Together, these networks support public weather forecasts and severe weather warnings, marine weather forecasts and aviation forecasts. They also provide data for climate studies and a wide range of environmental applications.

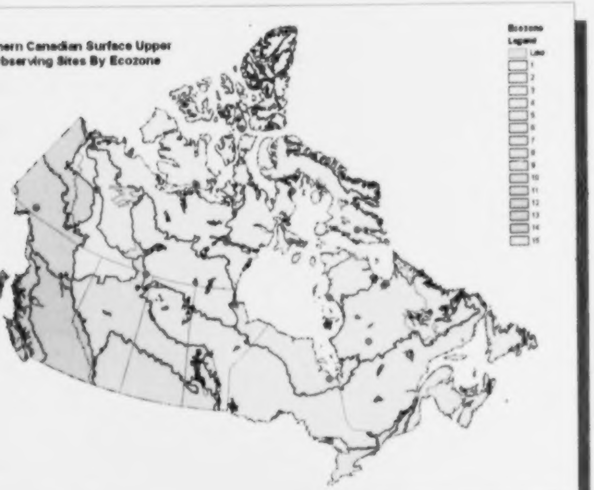
These national networks are managed by the Atmospheric Monitoring and Water Survey Directorate (AMWSD). The Atmospheric Monitoring Divisions in Canada's five regions manage the installation, inspection, maintenance and operation of these networks.



The automated radiosonde launcher at Whitehorse Upper Air Station, Yukon Territory.

UPPER AIR NETWORK

The Upper Air Network operates 31 stations across Canada, 17 of which are in the North. The MSC owns the facilities at each of the upper air sites, but contracts are in place at many of the sites for the soundings. Data from the Upper Air Network are critical input for numerical weather, climate and air quality forecasting, and are useful for validating satellite retrievals.



MSC's Upper Air Network for Canada's North.

Upper air data includes measurements of barometric pressure, temperature, humidity, and wind speed and direction (and may include radiation, ozone, and pollutants).

Upper air data sources include radiosondes, satellites, ground-based weather radars and wind profilers. Currently, the main source of upper air data is the radiosonde. A radiosonde contains data sensors and is launched into the atmosphere using a hydrogen/helium-filled balloon. The Network launches radiosondes twice daily at 0000 UTC and 1200 UTC from each of its sites. The MSC shares its data nationally and internationally through initiatives such as the Global Climate Observing System (GCOS).

The Upper Air Network also provides support to a wide variety of partners and clients such as the Department of National Defence (DND), Energy, Mines and Resources (EM&R), and the Polar Continental Shelf Project (PCSP).

Canadian Aircraft Meterorological Data Relay (AMDAR)

Since April 2000, the Meteorological Service of Canada has been developing the Canadian Aircraft Meteorological Data Relay (AMDAR) Program to augment MSC's core Upper Air Network. MSC is creating partnerships with Canadian air carriers. The goal of the program is to equip commercial aircrafts with instrumentation for the automated observation, collection and communication of upper air meteorological data to improve weather forecasts and warnings in the North.

The development of AMDAR for Canadian northern and arctic areas has been a formidable challenge since the airlines servicing these areas operate with mixed fleets of older aircraft and avionics systems. This makes real-time communications difficult. Despite these challenges, the Meteorological Service of Canada has developed two proof-of-concept systems based on satellite communications and the Internet - one each for First Air and Canadian North - the two most important airlines servicing northern communities.

System testing will begin in January 2005. Scientists will be fine-tuning the AMDAR systems to ensure that the data quality meets the standards of the existing upper air network. If the testing proceeds as expected, MSC will outfit the fleet of five Boeing 737s from Canadian North Airlines with AMDAR systems by March 2005, and the 15 aircraft from the First Air fleet by March 2006.

The AMDAR systems will automatically report (over all phases of flight, i.e. ascent, en-route and descent phases), the latitude and longitude of the aircraft, the date and time of the observation, pressure, temperature, wind direction and wind speed. In addition, the First Air systems will have the capability to measure and report relative humidity, turbulence and icing.

The Upper Air Network also provides support to a wide variety of partners and clients such as the Department of National Defence (DND), Energy, Mines and Resources (EM&R), and the Polar Continental Shelf Project (PCSP).

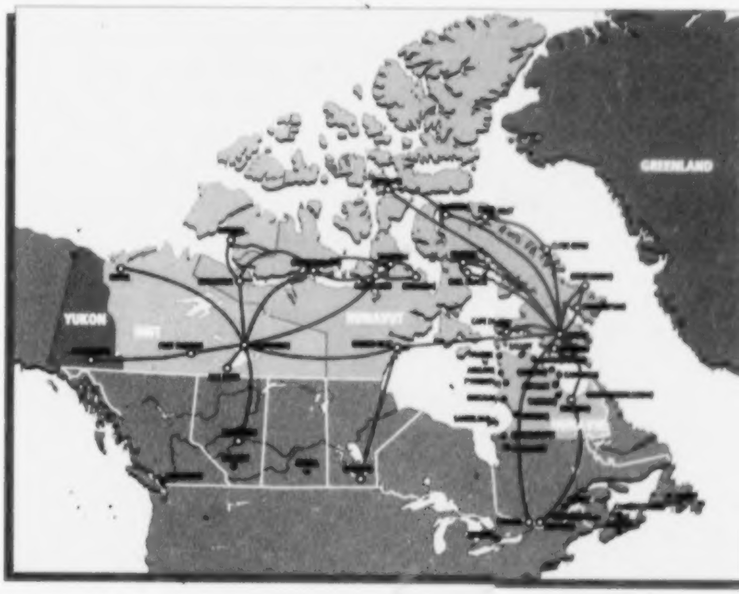
Canadian Aircraft Meterorological Data Relay (AMDAR)

Since April 2000, the Meteorological Service of Canada has been developing the Canadian Aircraft Meteorological Data Relay (AMDAR) Program to augment MSC's core Upper Air Network. MSC is creating partnerships with Canadian air carriers. The goal of the program is to equip commercial aircrafts with instrumentation for the automated observation, collection and communication of upper air meteorological data to improve weather forecasts and warnings in the North.

The development of AMDAR for Canadian northern and arctic areas has been a formidable challenge since the airlines servicing these areas operate with mixed fleets of older aircraft and avionics systems. This makes real-time communications difficult. Despite these challenges, the Meteorological Service of Canada has developed two proof-of-concept systems based on satellite communications and the Internet - one each for First Air and Canadian North - the two most important airlines servicing northern communities.

System testing will begin in January 2005. Scientists will be fine-tuning the AMDAR systems to ensure that the data quality meets the standards of the existing upper air network. If the testing proceeds as expected, MSC will outfit the fleet of five Boeing 737s from Canadian North Airlines with AMDAR systems by March 2005, and the 15 aircraft from the First Air fleet by March 2006.

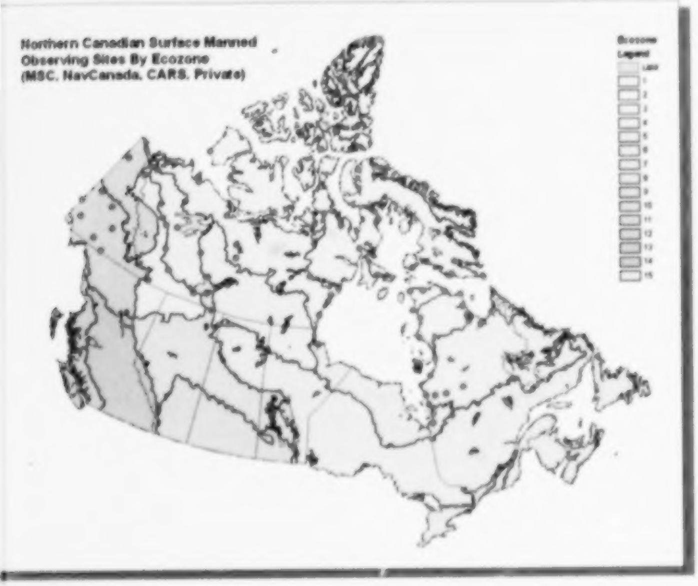
The AMDAR systems will automatically report (over all phases of flight, i.e. ascent, en-route and descent phases), the latitude and longitude of the aircraft, the date and time of the observation, pressure, temperature, wind direction and wind speed. In addition, the First Air systems will have the capability to measure and report relative humidity, turbulence and icing.



AMDAR flight paths

PUBLIC SURFACE WEATHER NETWORK

The Canadian Public Surface Weather Network supports weather forecasts and severe weather warnings. This network includes observations from the aviation and upper air networks, buoys, and ships.



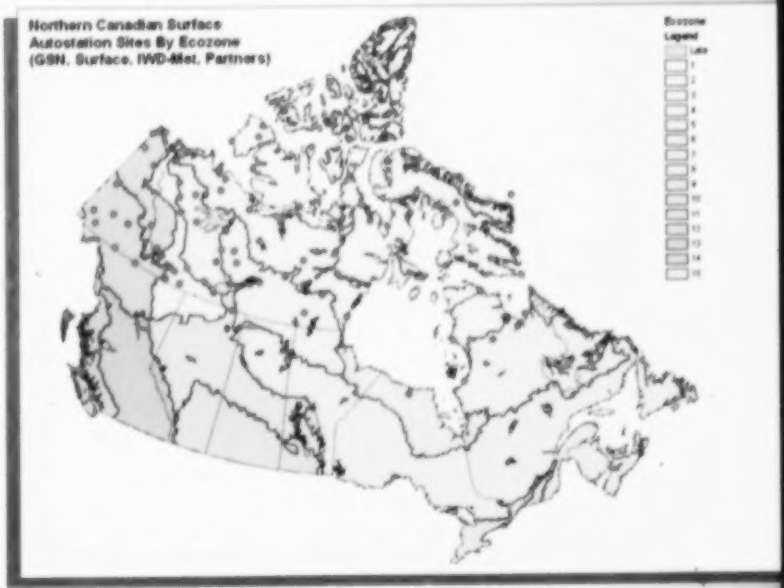
To produce public weather forecasts, meteorologists require hourly measurements of the air temperature, dew-point, pressure, precipitation occurrence, type and amount, visibility, cloud type and amount, cumuliform cloud, wind speed and direction, precipitation rate and tendency. Meteorologists also require measurements of the following at least every three hours: cloud amount, snow depth, snow cover, ice cover, grass minimum temperature and water temperature (where appropriate). To generate forecasts in the North, forecasters use computer model outputs, and satellite data and polar orbiting satellite photos.

MSC's manned Public Surface Weather Network stations for Canada's North.

AVIATION SURFACE WEATHER NETWORK

Under contract to NAV CANADA, the MSC provides direct support for aviation weather observations. This includes the installation, calibration and maintenance of meteorological equipment, and support for the meteorological communications infrastructure.

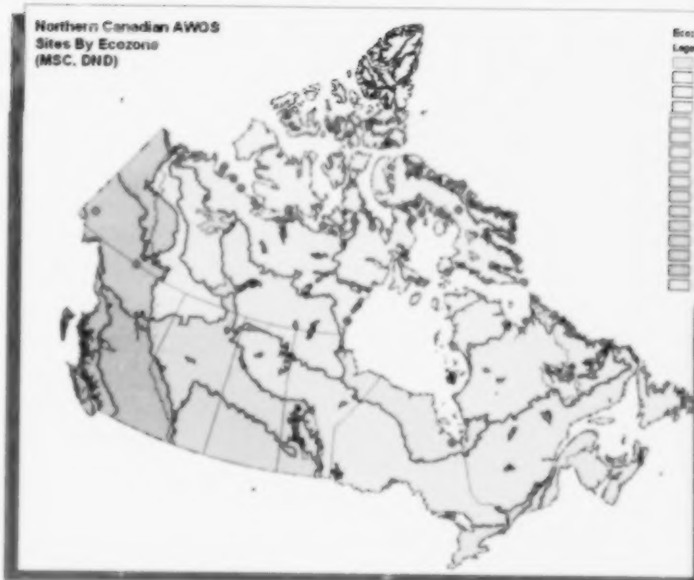
Aviation data includes routine observations of wind velocity and direction, air and dew-point temperatures, visibility, cloud amount, type and height of base, present weather including icing and freezing conditions, altimeter and mean sea level pressure, and at selected sites runway visual range. The data are essential for aviation forecasting and briefing purposes.



MSC's automated Public Surface Weather Network stations for Canada's North.

Automatic Weather Observing Stations

Under contract to NAV CANADA, MSC owns and operates AWOS (Automatic Weather Observing Stations) in Canada's North. These automated stations measure data that are essential for aviation forecasting. Automated systems in the North are cost effective and practical due to harsh environmental conditions and limited facilities and staff in the North. At sites with manned observations, AWOS data assists the observer in assessing and reporting current meteorological observations, and provides observations when the station is not manned.



MSC's Automatic Weather Observing Stations for Canada's North.

An AWOS measures wind velocity, air and dew-point temperatures, visibility, precipitation occurrence, cloud amount, type and height of base, current weather including icing and freezing conditions, altimeter and mean sea level pressure. In addition to the full capability AWOS, MSC owns and operates two LWIS (Limited capability AWOS) for aviation use. These stations provide only wind, temperature, dew-point and pressure (altimeter setting).

MSC's Canadian Meteorological Centre (CMC) in Dorval, Quebec, formats all aviation data according to the international and national standards. The CMC disseminates this data globally for use by pilots, flight service specialists, aviation briefers, and aviation forecasters.

Weather instrumentation at MSC's High Arctic Observatory in Eureka, NU.

MSC Arctic Surface Weather Instrumentation and Systems Test Site

The Atmospheric Monitoring and Water Survey Directorate (AMWSD) is in the process of establishing a national test facility in Iqaluit (Nunavut). The primary objective of the national test facility will be to evaluate the performance of surface weather instruments and systems, and related processing algorithms in 'rugged' arctic conditions. Performance evaluation is critical to the effective management of all ground-based observational and monitoring weather networks: Public Weather Networks, Aviation Surface Weather Network, Canadian Climate Reference Network, and Global Climate Observing Network.

MSC weather instruments operating in Canada's rugged northern environments

The World Meteorological Organization recommends evaluating instruments and systems in conditions that are representative of their operational environment, and throughout their life cycle. This ensures the quality of the data provided to user communities. Evaluations at this test facility will contribute to improved quality control of weather data and more efficient management of life cycle costs (for example, select instruments with lower failure rates in arctic environments). The test facility will also provide staff with the opportunity to test new technology before deploying it network-wide. This will minimize or eliminate introducing biases into existing data sets.

Overall, this test facility will create the conditions for effective use of monitoring technologies in support of MSC's services in the North. This will improve services to northern communities, and will increase the capacity to accurately predict climate variability and climate change. The international meteorological community will also benefit from access to the Iqaluit test site. The U.S. National Weather Service (NWS) and National Centre for Climate Data have expressed an interest in using the facility to test their monitoring technologies.

The first cooperative project will begin in January 2005, when NWS plans to test their ice resistant wind sensors.

THE CANADIAN LIGHTNING DETECTION NETWORK

Lightning information is critical to a wide range of operations that are vulnerable to electric power fluctuations or direct hits by lightning. It is particularly important for forestry management, especially in regards to forest fires. The MSC operates 23 lightning detection stations in Canada's North. The Canadian Lightning Detection Network (CLDN) supports weather forecasting, severe weather research and aviation operations. Its clients include electric power utilities, conservation authorities, major infrastructure planners, the communications industry, and hosts of outdoor public events.

In the North, the CLDN services a smaller fraction of the landscape compared to latitudes that are more southern. The network adequately covers most of the Yukon Territory, Labrador and the southern half of the Mackenzie Valley. However, the northern-forested half of the Mackenzie Valley, the barrens of Kitikmeot (Hudson Bay Coast) and northern Quebec lack coverage. These areas are at risk from occasional lightning and thunderstorms.

MSC's Canadian Lightning Detection Network stations for Canada's North.

The CLDN detects and reports cloud-to-cloud lightning discharges and cloud-to-ground strokes. Flashes are detected and reported in real-time data and are stored in data archives. The data are beamed via satellite to the control centre where it is processed to determine the location and strength of the lightning events. This information is transmitted to Environment Canada's Storm Prediction Centres. The complete process takes about 30 to 40 seconds from the time lightning is detected by sensors to the display on the forecaster's workstation screen.

A Canadian Lightning Detection Network site. Shown are an IMPACT sensor and VSAT dish used for the detection of lightning strokes.

MARINE MONITORING NETWORKS

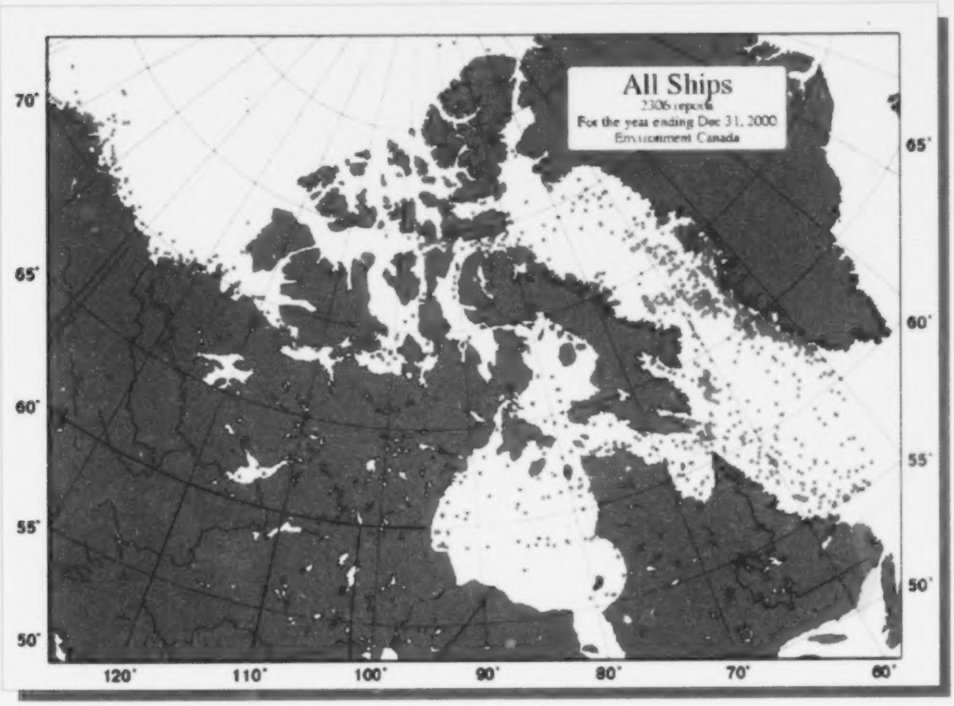
Voluntary Observing Ships and Automated Voluntary Observing Ships

MSC's Regions support the Ocean Data Acquisition System (ODAS) buoy program, the Voluntary Observing Ships (VOS) program, and the Automated Voluntary Observing Ships (AVOS) program. These programs provide essential marine observations on Great Slave Lake, the Mackenzie River, the Beaufort Sea, and in Arctic waters such as Baffin Bay and Hudson Bay.

Meteorological observations from VOS contribute to marine safety, and the efficiency of marine operations. They also provide essential input to numerical weather prediction models, operational weather forecasts, and the development of historical databases. Observations also provide knowledge about ocean climates and the linkages between the oceans and global and regional climatic patterns.

VOS observations include historical and current weather, wind direction and speed, amount of cloud, type of cloud, height of cloud base, visibility, temperature, humidity, atmospheric pressure, ship's course and speed, sea temperature, direction of movement of waves, period of waves, height of waves, sea ice and/or icing of ship superstructure.

MSC's voluntary observing ships are recruited from the Canadian Coast Guard (CCG) and from the Northern Transportation Co Ltd. (NTCL). In Prairie and Northern Region, MSC currently has three coast guard vessels, and four NTCL tugs providing information.



All Voluntary Observing Ships' reports for the year 2000.

EC's ODAS Buoy Program for the North

Environment Canada's Ocean Data Acquisition System (ODAS) buoy program is the second largest national buoy program in the world. The ODAS program has 46 automated moored buoy stations (three of which are in the Arctic) and up to 20 drifting buoys.

With the assistance of the Canadian Coast Guard, the MSC deploys two buoys on Great Slave Lake each summer to be in place through the open water marine season. MSC also has a buoy in Hudson Bay off Churchill during the open water marine season.

Standard observations from a buoy include wind speed, wind direction, peak wind speed, atmospheric pressure, air temperature, sea surface temperature, ocean wave period, significant wave height, maximum wave height and non-directional wave spectra, housekeeping functions, and sensor diagnostics. The buoy stations report hourly data via the GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) and/or the Argos system. The data are posted on the global transmission system.

Data Buoys on Ice in the Arctic Basin

The MSC contributes to the acquisition of weather data for the Arctic Basin by participating in the International Arctic Buoy Programme (IABP). Annually, the MSC provides one buoy for the international White Trident deployment exercise. In total, the White Trident exercise airdrops 7 buoys on the ice of the Arctic Basin. These buoys are contributed to the exercise by governments with northern interests (i.e. Canada, U.S., Germany, Norway etc.). MSC (with the support of Polar Continental Shelf Project) in an annual spring deployment operation out of Eureka also deploys 1 to 2 data buoys for U.S, IABP participants via Twin Otter landings on ice.

The MSC deploys data buoys on the Arctic Basin to support other institutions such as the Institute of Ocean Sciences. MSC also retrieves, processes and makes this data accessible globally. Standard data from a buoy on ice includes, position, air temperature and pressure.

CIS Data Buoys on Ice

The Canadian Ice Service (CIS) routinely deploys at least one buoy on northern Baffin Bay each fall on a multi-year floe. The last icebreaker to depart the Canadian Arctic for the season usually deploys this buoy. Position and, in some cases, pressure information are retrieved from this buoy.

The CIS often provides support to research activities in the North. For example, the CIS provided several position-only buoys to CASES (Canadian Arctic Shelf Exchange Study) for the ice break up period, early in the summer of 2004. This information was used for the deployment of the Amundsen Gulf to validate an ice motion algorithm being developed by the University of Manitoba and the Canadian Ice Service.

A CES Zeno Buoy deployed for the U.S. National Ice Service on March 23, 2000.

Ice

Sea ice plays a central role in the traditional lifestyle of those in coastal arctic communities. It is also a significant barrier and hazard to arctic marine shipping. To facilitate the safe use of sea ice for hunting, transportation, tourism and recreational activities, timely sea ice information is vital for northern activities. The MSC's Canadian Ice Service (CIS) has had a presence in Canada's North for over forty years. Its mandate is to monitor and report on ice conditions in Canadian coastal waters year-round. The CIS uses satellite and aircraft to monitor ice conditions on a systematic basis.

ARCTIC SHIPPING

Efficient and safe marine transportation is of high importance to the sustainability and development of northern communities. Since sea ice is a significant hazard to shipping, information regarding its state and distribution is critical for arctic marine operators. The CIS provides ice information service to the public and marine communities to help ensure safe and sustainable use of arctic waterways. In addition, through an agreement with the Canadian Coast Guard, the CIS provides additional ice information to support icebreaker operations and detailed ship routing through ice. This integrated service provides regular ice charts, ice hazard warnings, 30-day forecasts of ice conditions and seasonal ice breakup / freeze-up forecasts.

A Canadian Coast Guard ice breaker in Canada's North - Courtesy of the Canadian Coast Guard

ICE DATA ACQUISITION

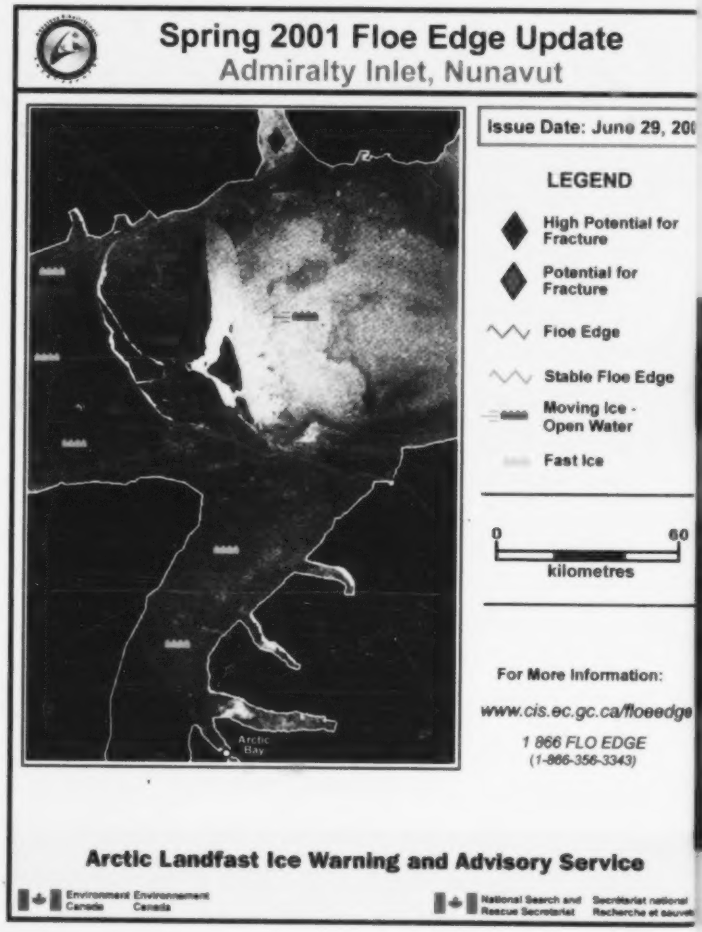
Annually, the Canadian Ice Service collects vast amounts of ice and iceberg data - mostly from remote sources (satellites, reconnaissance aircraft and ships). Remote sensing data forms the core of the data used to generate daily ice information products. RADARSAT SAR data is the primary remote sensing data source used in the analysis and preparation of ice chart and other ice information products. The CIS acquires about 4000 RADARSAT scenes annually. Supplementary data and information include meteorological data (temperature, wind, etc.), oceanographic information (currents, bathymetry, etc.), fields from numerical ice models (drift/trajectories, concentration, ocean currents/temps, winds and air temp., etc.), climatological data, and previous ice charts.

FLOE EDGE ADVISORY

The most popular spring destination in many Arctic communities is the floe edge, where the landfast ice meets the ocean. Arctic marine wildlife converges on floe edges in the spring, luring tourists, hunters and weekend campers. Springtime weather and ice conditions combine to make floe edges one of the most dangerous places in the icescape. People have found themselves floating away on pieces of ice that have unexpectedly fractured, often resulting in dangerous and costly search and rescue operations.

The MSC's Canadian Ice Service (CIS), with the support of the National Search and Rescue Secretariat, developed a prototype floe edge advisory that provides daily on-line ice information to two communities in Nunavut, Arctic Bay and Pond Inlet. These two communities are active users of spring ice floe edges.

With ice models and satellite imagery, the CIS provides year-round internet information customized for floe edge activities. The CIS places current satellite images and information on ice strength, temperatures, tides and winds on-line for northerners to access. This information, combined with traditional knowledge, provides communities with an increased sense of security and minimizes their risk.

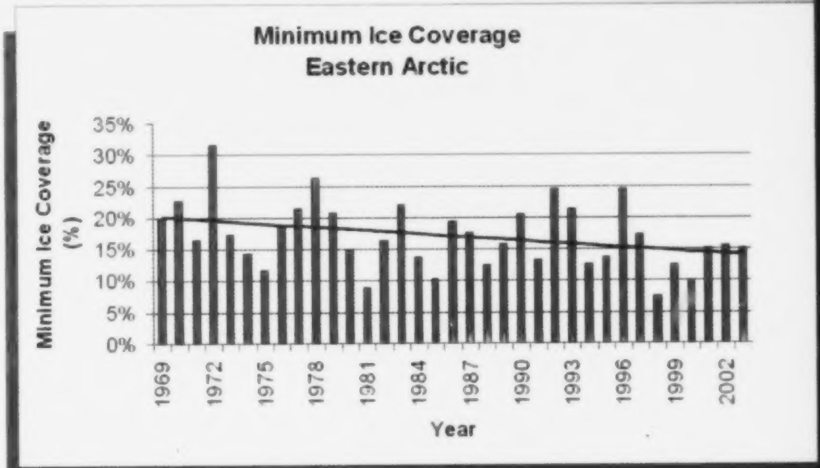


A sample of a floe edge update product that is distributed to northern communities that are very active users of spring ice floe edges.

SEA ICE PRODUCTS AND CLIMATE DATA ARCHIVE

During the summer months, the Canadian Ice Service produces daily ice hazard bulletins and charts for the Canadian Arctic, including Hudson Bay. Regional ice charts are produced weekly in the summer and monthly during the winter. This information is available on the CIS web site at **http://ice-glaces.ec.gc.ca**. The CIS also delivers data automatically to various clients by e-mail, fax and ftp. From April 2002 to March 2003, CIS made over 1.3 million automatic deliveries of ice products as well as other related products.

The CIS archives historical sea ice information for Canadian researchers and industry. A primary goal of this archive is to support studies of past, present and future sea ice conditions in Canada's North. The CIS also produces various publications including an "Annual Arctic Atlas" and a "Sea Ice Climatic Atlas – Northern Canadian Waters – 1971-2000" based on the CIS Digital Charts Database.



A chart produced by MSC's Canadian Ice Service that shows the minimum ice coverage (in percent) for the Eastern Arctic for 1969 - 2003.

Water

WATER SURVEY

The Water Survey Division (WSD) operates a network of 94 hydrometric stations across the Yukon, the NWT and Nunavut. The goal of the Water Survey Division is to improve the availability and dissemination of water data and to ensure the efficiency and effectiveness of water monitoring systems. This enables wise decision-making in areas that impact security of life and property, efficiency of the economy, and protection of environmental quality. Information on stream flow supports river transportation, and contributes to effective flood response.

A technician from MSC's Water Survey Division at work in the North West Territories.

Tide levels are monitored on a regular basis in the Arctic.

In Canada's North, the WSD works in partnership with the Territories, other government departments (OGDs) and agencies, and the private sector. Seventeen percent of northern hydrometric stations support the needs of Indian and Northern Affairs Canada (INAC) and another 17 percent support the requirements of OGDs and the private sector. The remaining 66 percent of the network is required to meet Environment Canada's science and policy requirements regionally, nationally, and internationally. The Water Survey operates hydrometric stations in the North in all five Regions, including the Yukon Territory, the Northwest Territories, Nunavut, northern Ontario, northern Quebec, and Labrador.

Data collected at hydrometric sites include water flows and levels, water quality, water temperature, data to support sediment transport studies, limited capacity automated weather data, isotope samples, and snow and ice thickness data. The information from the network is important to aid in understanding fresh-water flow into the sea, which is critical to understanding current and future changes to arctic sea ice conditions.

Currently, the hydrometric network operating in the NWT and Nunavut is primarily in place to monitor climate change, which is a high national priority. The hydrometric network is part of the long-term national Reference Hydrometric Basin Network (RHBN), the Mackenzie GEWEX (Global Energy and Water Cycle Experiment) study (MAGS), and the Arctic Climate Systems Studies (ACSYS).

The data collected at hydrometric sites provide valuable information for studies on climate change impacts on:

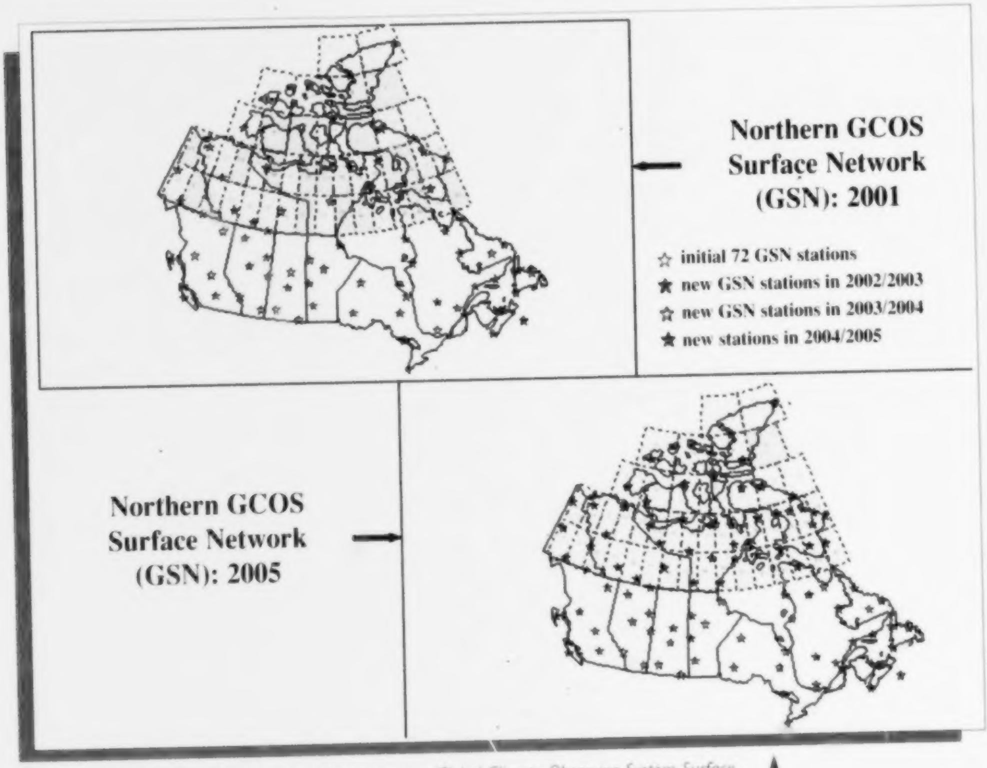
- northern hydrology
- northern ecosystems
- international/transboundary water management
- fisheries management
- flood forecasting and warnings
- flood plain management
- hydro-power production
- water supply
- pollution
- navigation
- recreation

Climate

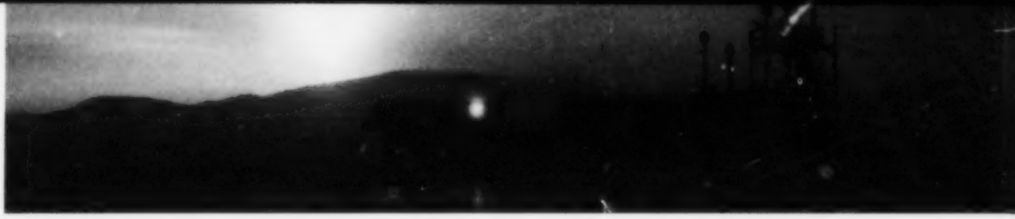
GLOBAL CLIMATE OBSERVING SYSTEM SURFACE NETWORK (GSN)

The World Meteorological Organization (WMO) has established a collaborative international climate-monitoring program called the Global Climate Observing System (GCOS). The objective of the program is to establish climate observing stations within a 5-degree by 5-degree grid globally. The Meteorological Service of Canada's commitment to WMO is to establish a long-term climate observing system within this spatial coverage throughout the country. With significant financial funding from the Climate Change Action Fund, the MSC will establish new stations where none exists within this grid by 2006.

In the Arctic, the Canadian Global Surface Network (GSN) consists of 57 Automatic Weather Observing Stations (AWOS) including stations in Labrador and Quebec. There will be 47 upgraded, new or modernized stations across the North within the next few years. These GSN stations are, for the most part, a subset of the Canadian Reference Climatological Station Network. The MSC uses data from reference climatological stations for determining climate trends.



MSC is upgrading its current Global Climate Observing System Surface Network from it current size of 57 stations to 104 stations by 2006. Stations will be situated within a 5 degree x 5 degree grid globally.



RESEARCH

The Fourth International Polar Year (2007 – 2008)

The International Polar Year (IPY) 2007-2008 is an intensive internationally coordinated effort that includes interdisciplinary scientific research and observations focused on the Earth's Polar Regions.

The official observing period of the IPY will be from March 2007 until March 2009. The main geographic focus will be the Earth's high latitudes, but studies in any region relevant to the understanding of polar processes or phenomena will be encouraged. Canada has established a Canadian National IPY Steering Committee to stimulate and co-ordinate the Canadian IPY contribution. The National IPY Secretariat is located at the University of Alberta. A federal government department working group co-ordinates the Department's activities, and is co-chaired by the Meteorological Service of Canada (MSC). MSC will also co-ordinate Environment Canada's involvement in IPY initiatives. A MSC Canadian expert will serve as co-chair of the new IPY Joint Planning Committee.

The International Council for Science (ICSU) Joint Planning Committee has defined six research themes for IPY:

1. **Status:** Determine the present environmental status of the Polar Regions.
2. **Change:** Quantify and understand past and present natural environmental and social change in the Polar Regions, and improve projections of future change.
3. **Global Linkages:** Advance our understanding on all scales of the links and interactions between Polar Regions and the rest of the globe. and of the processes controlling these.
4. **New Frontiers:** Investigate the frontiers of science in the Polar Regions.
5. **Vantage Point:** Use the unique vantage point of the Polar Regions to develop and enhance observatories from the interior of the Earth to the Sun and the cosmos beyond.
6. **Human Dimension:** Investigate the cultural, historical, and social processes that shape the sustainability of circumpolar human societies, and identify their unique contributions to global cultural diversity and citizenship.

The IPY will seek to exploit new technological and logistical capabilities, and to make major advances in knowledge and understanding. It aims to leave a legacy of new or enhanced observational systems, facilities and infrastructure, numerical earth simulators, research networks, and an unprecedented degree of access to data and information.

MSC is preparing projects that will contribute to the national and international effort and address both the scientific themes and observational needs. These initiatives address IPY and Canada's science needs, and issues identified by the 2004 Arctic Climate Impact Assessment.

Atmosphere

ATMOSPHERIC MONITORING AT MSC'S HIGH ARCTIC OBSERVATORY AT ALERT, NU

Global Atmospheric Watch Program

Alert is the most northerly site in the World Meteorological Organization's (WMO) Global Atmospheric Watch Network (GAW). It is located on the northeastern tip of Ellesmere Island in Nunavut, far removed from major industrial regions. Alert is ideally situated to determine representative background concentrations of air pollutants in the Northern Hemisphere.

MSC's High Arctic Observatory in Alert, NU during polar sunrise.

At Alert, the Meteorological Service of Canada (MSC) measures interannual and long-term changes in the concentrations of greenhouse gases, toxic air pollutants and aerosols. These measurements are indicators of changes in global atmospheric chemistry that are associated with climate change, stratospheric ozone depletion, photochemical smog, and the bioaccumulation of toxics in arctic ecosystems. Scientists use this information to understand the complex physical processes occurring in the atmosphere to advise decision-makers on emerging atmospheric and climate issues.

The high quality of Alert's measurement program and research facilities has attracted many international research scientists to Alert. MSC's leading research, coupled with the complimentary nature of the international measurement programs at Alert, has earned it a worldwide reputation for excellence in science.

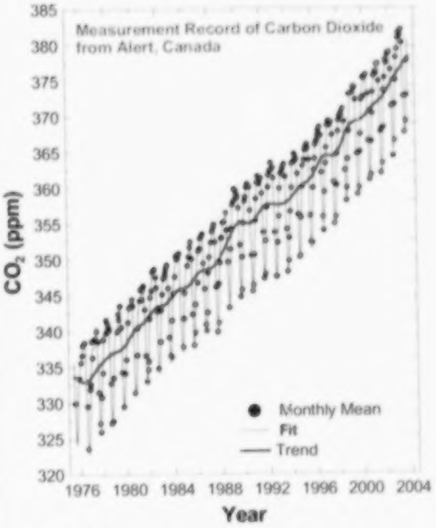
Measurements at Alert also help to track the effects of policy decisions such as the phasing out of ozone depleting substances (ODS) under the Montreal Protocol or progress towards meeting commitments to reduce greenhouse gases under the Kyoto Protocol. Many international archive centres such as the WMO World Data Centre for Greenhouse Gases (WDCGG) in Japan, and the Carbon Dioxide Analysis Centre at Oak Ridge National Laboratory in the U.S. archive and disseminate Alert data to the international scientific community.

Atmospheric Measurements at MSC's High Arctic Observatory at Alert, NU.

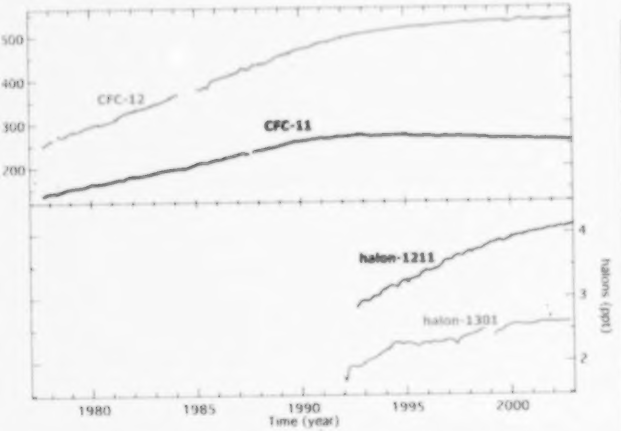
Measurements	Co-operative countries	Atmospheric issue	Concentration Trend	Record length (yrs)
GREENHOUSE & OTHER TRACE GASES				
Determine the trends and variability in global background concentrations				
Carbon Dioxide (CO_2)	Canada, US, Australia, Japan	Climate change	Increasing	29
Methane (CH_4)	Canada, US, Germany, Australia	Climate change	Increasing - during the last decade the growth rate has dropped and is presently near zero	17
Nitrous oxide (N_2O)	Canada, Australia, Germany, US	Climate change	Increasing	4
Peroxyacetyl nitrate (PAN)	Canada	Smog	Decreasing up to 1997, currently increasing	18
Carbon Monoxide (CO)	Canada, US, Australia, Germany	Climate change	Decreasing	6
Ozone (O_3) ground level	Canada	Climate change & smog	Increasing	12
Sulphahexafluoride (SF_6)	Canada, US, Australia, Germany	Climate change	Increasing	4
STRATOSPHERIC OZONE & SOLAR RADIATION				
Study the behaviour of the ozone layer in the Arctic to determine if significant losses of ozone are occurring over the Polar Region during spring				
Stratospheric ozone (O_3)	Canada	Ozone depletion	Decreasing	40
Solar Radiation-UVB	Canada	Ozone depletion	Increasing	18
HAZARDOUS AIR POLLUTANTS				
Study the transport of toxic pollutants from source regions into the Arctic and the cycling and behaviour of these substances in arctic ecosystems				
Mercury (Hg)	Canada	Bioaccumulation & Health risks	Increasing in arctic ecosystems	9
PCBs and Persistent Organic Pollutants (POPs)	Canada	Bioaccumulation & Health risks	Decreasing except 'current use pesticides'	2
AEROSOLS				
Study the trends of the anthropogenic and natural components of aerosols in the Arctic				
Aerosols - (anthropogenic (components such as heavy metals, and inorganic species)	Canada	Arctic Haze, Climate change, Health risks	No obvious increasing trend, but a very slight decreasing trend	24
Aerosols - (anthropogenic carbonaceous particles)	Canada	Arctic Haze, Climate change, Health risks	Decreasing	15
ISOTOPES				
Use isotopic signatures of trace gases to determine various anthropogenic and natural sources and sinks				
^{13}C, ^{14}C, ^{18}O, in CO_2	Canada, US, Australia, Germany	Climate change	NA	6
^{13}C, ^{2}H, in CH_4	US	Climate change	NA	6

The first figure below illustrates the increasing trend in carbon dioxide concentrations at Alert from 1988 to 2004. The concentration of this greenhouse gas continues to increase at a rate of about 1.5 parts per million per year. The second figure below shows the trends for two common chlorofluorocarbons (CFC- 11 and 12 and Halon 1211 and 1301). Some CFC's are decreasing in concentration because of the actions taken under the Montreal Protocol to reduce ozone-depleting substances; others are still increasing.

Weekly measurements of carbon dioxide from Alert, NU from 1976 – 2004



Monthly averaged mixing ratios of atmospheric carbon dioxide from Alert Time series derived from data collected by MSC and the Institute of Oceans sciences (IOS) in British Columbia



Global monthly means of the major CFCs and halons as parts per trillion (ppt) in the atmosphere versus time from the NOAA climate monitoring and Diagnostics Laboratory (CMDL). The means include measurements from Alert, NU; Point Barrow, Alaska; Niwot Ridge, Colorado; Mauna Loa, Hawaii; American Samoa; Cape Grim, Tasmania, and the South Pole.

ALERT 2000 – Polar Sunrise Experiments

Studies of the persistent and historical presence of 'arctic haze' in the 1980s led serendipitously to the discovery of the phenomenon of ozone depletion in the Arctic at polar sunrise. Since that time, MSC scientists have organized a series of studies focused on understanding the chemical activity that is triggered by the 'polar sunrise' in the Arctic.

In the Arctic between late October and late February, the sun does not rise above the horizon. This allows scientists to study chemical and physical processes in the absence of sunlight, and then determine the difference when the sun first appears above the horizon in the spring. Alert 2000 was the culmination of several **Polar Sunrise Experiments** at Alert since 1988. MSC scientists spearheaded the 2000 intensive field investigation to explore the chemical behaviour of the arctic snow surface, and to examine tropospheric (surface level) ozone and mercury depletion phenomena.

The Alert 2000 study revealed that snow is a highly reactive medium especially when irradiated by sunlight. Significant photochemical reactions occur on the snow pack that affect the levels of ambient trace gases, including toxics. The discovery that the snow pack is much more chemically reactive than previously thought has led scientists to believe that the snow pack is a cauldron for the production of highly reactive chemicals. This could have a substantial impact on the fate of pollutants transported in the air to the Arctic, including toxic chemicals that may accumulate in arctic ecosystems. Prior to this campaign, the photochemical relationship between the air and the snow was unrecognized.

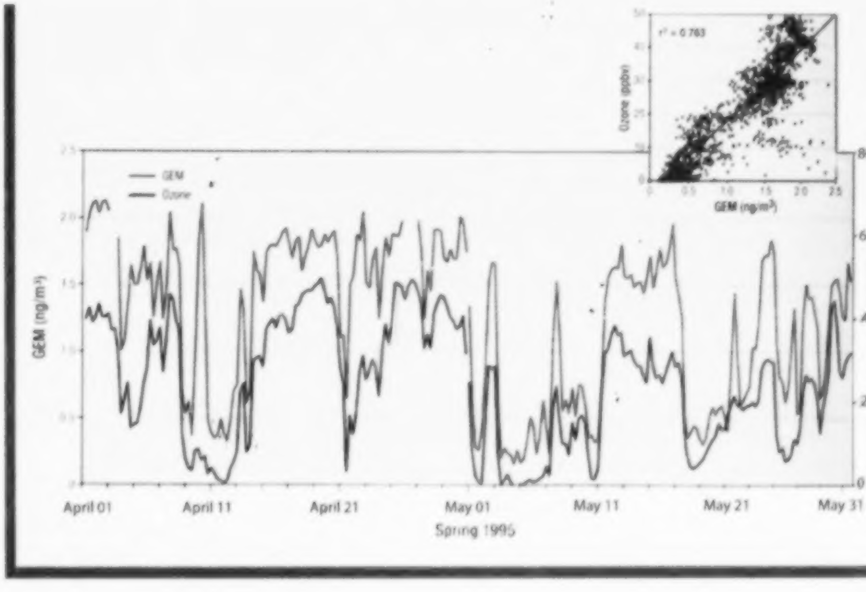
The DRDC and Environment Canada ice camp set up at Alert in 2002.

Over the long, dark winter, pollutants transported over long distances from southern latitudes accumulate in the Arctic. With the appearance of the first rays of sunlight in the spring, chemical processing of such pollutants accelerates. MSC scientists discovered that during polar sunrise at Alert, solar radiation initiates processes that lead to the dramatic destruction of ground-level ozone. Although ozone is both a toxic substance and a greenhouse gas, it plays a key role as a producer of chemicals that remove other atmospheric contaminants from the atmosphere..

Concurrent with the depletion of ground-level ozone, MSC scientists discovered at Alert that gaseous elemental mercury concentrations also dropped markedly after polar sunrise. This was a surprising discovery since such a decrease in mercury levels had not been observed anywhere else in the world. The mercury depletion events are highly correlated to the tropospheric ozone depletions, and there is a close link between the chemical reactions that are responsible.

The Polar Sunrise Experiments studied the details of these processes. Scientists established the pivotal role played by highly reactive bromine atoms in these processes. These atoms originate from the photochemical processing of sea salt. The reactions between bromine atoms and ozone result in a multiplication of bromine atoms that have an accelerating effect on the ozone (and mercury) destruction. When mercury reacts with bromine it becomes a more 'reactive' form of mercury and potentially leads to the production of a much more toxic form of mercury that could enter the food chain and bioaccumulate in higher order species.

MSC scientists continue to study these and other chemical processes at Alert. The goal is to develop a comprehensive understanding of the chemical processes and interactions that occur during polar sunrise, and gain insight into the fate of chemical species in cold climates.



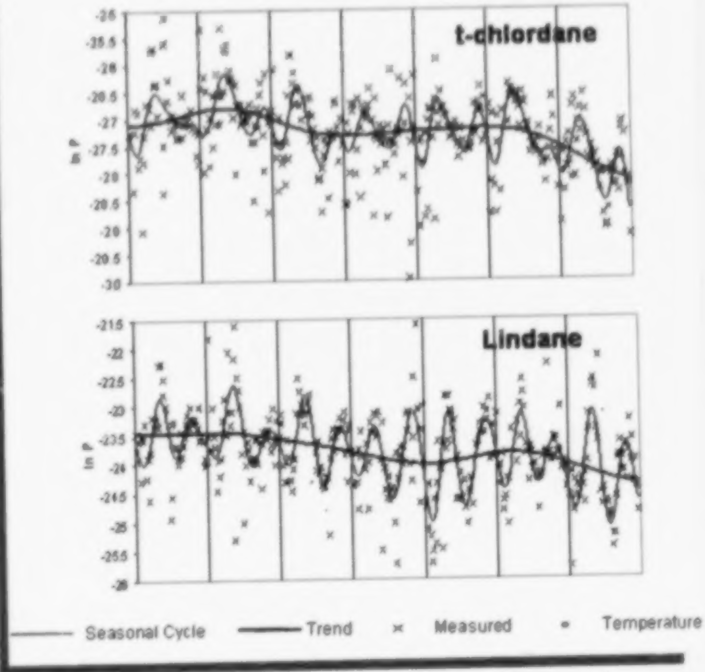
Gaseous elemental mercury (GEM) and ozone concentration measurements between April 1 and May 31, 1995 at Alert, NU.

TOXIC CONTAMINANTS

Northern Contaminants Program

The Northern Contaminants Program (NCP) was established by Indian and Northern Affairs Canada (INAC) in 1991. In developing the program, INAC consulted with scientists, northern aboriginal organizations and communities, and various levels of government. The mandate of the program is to "*work to reduce and, wherever possible, eliminate contaminants in traditionally harvested foods, while providing information that assists informed decision making by individuals and communities in their food use.*"

Through funding from the Northern Contaminants Program, MSC's Atmospheric and Climate Science Directorate has monitored concentrations of persistent organic pollutants (POPs) in Canada's Arctic since 1992. At Alert, these measurements include currently used and banned pesticides. In addition to the on-going measurements at Alert, MSC scientists also carried out short-term measurement campaigns at five other arctic sites (see map). MSC's measurements of POPs in the Arctic will help to determine whether atmospheric concentrations and deposition of POPs into arctic ecosystems are changing in response to national and international control strategies.

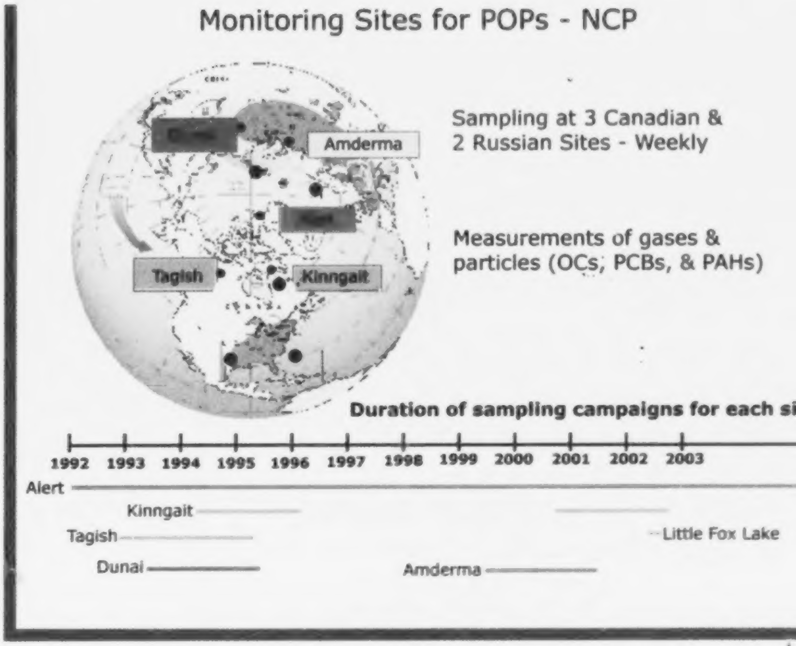


Trends of trans-chlordane and lindane (γ-HCH) measured in air at Alert (Air concentrations expressed as natural log of partial pressure in air, P)

Pesticides banned from use in Western and industrialized countries (e.g. chlordanes) are generally decreasing in air concentrations in the Arctic. This trend is seen in the Alert 1993 -1999 data series for *trans*-chlordane and Lindane. Occasionally, some elevated concentrations of chlordane-based pesticides, such as heptachlor and *trans-/cis*-chlordane, are observed at Alert. This is an indication of fresh input of these pesticides into the Arctic. MSC scientists found that air concentration trends for currently used pesticides (such as endosulfan) were decreasing very slowly or remaining relatively constant at Alert.

At the other arctic sites, the concentrations of POPs in the air were similar to those measured at Alert. However, the relative concentrations of the different compounds and seasonal variations of each differed from site to site. This indicates that the sites have different source regions. For instance, Tagish receives air transported over the Pacific from Asia, while Alert is affected by transport from Eurasia and North America. Since sampling at these other locations was short-term (up to 2 years), long term trends cannot be determined for sites other than Alert.

Given that our northern climate is changing, long-term measurement programs will help scientists investigate how global climate variations are affecting the transport and distribution of POPs in arctic air. MSC scientists found evidence that climate fluctuation patterns are influencing POPs concentrations. As temperatures change in the day and from season to season, POPs behave differently. They evaporate into the atmosphere at high temperatures, and condense out of the atmosphere at low temperatures, depositing onto land surfaces, lakes and forests. Over time, these pollutants repeatedly evaporate and condense and make their way northward from source regions.



A map showing the sites and duration of sampling for the Northern Contaminants Program measurement campaign of persistent organic pollutants in the High Arctic.

Air sampling at Alert will continue in order to monitor the changing levels of different POPs in arctic air. The NCP POPs air concentration dataset, together with other MSC datasets - IADN from the Great Lakes Region - and datasets from other circumpolar countries (AMAP), will provide policy makers with vital information. The data will help Canadian negotiators to prepare reasonable and practical control strategies for POPs that are consistent with how contaminants move through the North. Canada has played a pioneering role in defining the issue of toxics in the North, and is pursuing solutions internationally.

Sources of Organochlorine Pesticides

In Canada and other developed countries, the use of many organochlorine pesticides (OCPs) is banned in industrial and agricultural practices. Examples of banned pesticides include toxaphene, dichloro-diphenyl-trichloroethane (DDT), chlordane, dieldrin, and hexachlorocyclohexanes (HCH - also referred to as technical HCH). Traces of these substances, however, are still cycling through ecosystems - especially in vulnerable regions like the Canadian Arctic.

MSC scientists are studying the sources of these compounds in order to determine whether they come from countries where they are still used, or if they are 'ghosts of the past' that are recycled into the air from previously contaminated soil and water. The Northern Contaminants Program (NCP) supports MSC's Atmospheric and Climate Science Directorate's research initiatives in tracing the sources of OCPs.

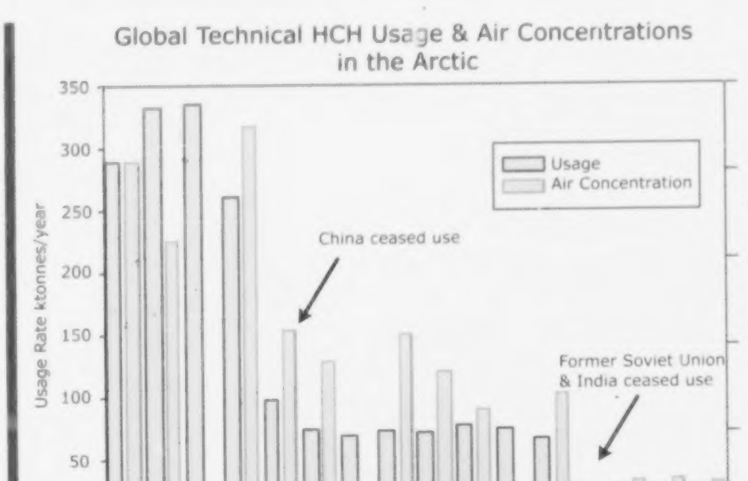
MSC's scientists studied air concentration data of α-HCH (a component of technical HCH) collected from different northern locations between 1979 and 1996 (by various groups). These concentrations were compared with global usage of technical HCH and emissions of α-HCH for the corresponding years. Two significant decreases were seen in the data. The first corresponds to China's abandonment of technical HCH (1982-1983), and the second corresponds to the reduction in technical HCH use by the former Soviet Union and India (1990-1992). This indicates that atmospheric long-range transport rapidly disperses HCH from its source regions to the Arctic.

MSC scientists have found that the physical properties of pesticides at the molecular level are tremendously important to their transport pathways. Organochlorine pesticides, like many other organic molecules, can have the same chemical formula, but vary from one another in their molecular configuration and shape (referred to as isomers). Ultimately, these subtle differences can have profound affects on the behaviour of these molecules in the atmosphere and water.

The story for α-HCH and β-HCH, two isomers of technical HCH, is a good example. MSC scientists identified that the dominant pathway for the transport of β-HCH is oceanic. In contrast, the dominant pathway for α-HCH is atmospheric. A comparison of HCH isomer pathways has suggested that most of the β-HCH originating in Asia is deposited in the North Pacific Ocean and then delivered to the Arctic Ocean through the Bering Strait. This implies that water-soluble chemicals removed from the air by precipitation or air-to-sea gas exchange may reach the Arctic primarily via ocean currents. These findings have led scientists to believe that the role of ocean currents in the transport of toxics to the Arctic is more important than was previously thought.

Another way to establish the source of a pesticide is to determine the ratios of enantiomers (optical isomers - mirror images of a molecule) in the contaminant. Enantiomer ratios are initially exactly 1:1, but as pesticides biologically degrade, their ratio of enantiomers changes. A change in the ratio indicates to scientists that the compound has undergone partial biological degradation. It also provides scientists with an idea of how long the compound has been cycling in the environment. For example, an emissions inventory for toxaphene in the United States suggests that, even though the pesticide was deregistered two decades ago, volatilization of soil residues contributed 360 tonnes of toxaphene to the atmosphere in 2000.

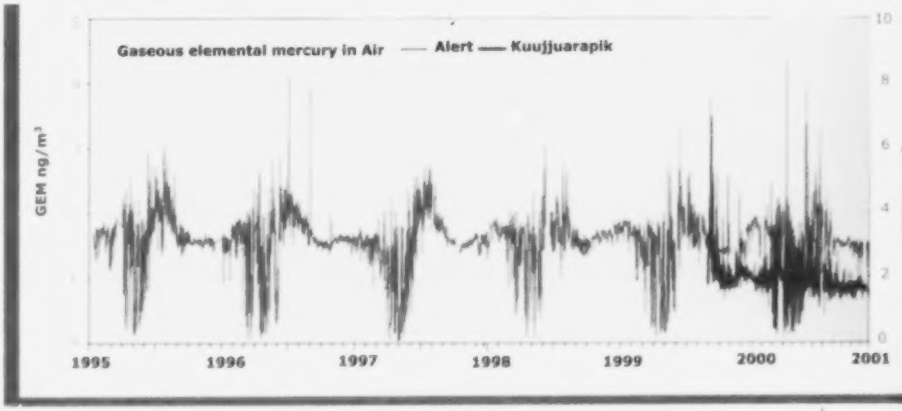
MSC scientists will continue to use the distinctive physical properties of organochlorine pesticides to differentiate between old and new sources of pesticides, and to help them determine the transport pathways of these chemicals into the Canadian Arctic. MSC's findings help to fulfill Canada's POPs Protocol obligations under the Convention on Long-range Trans-boundary Air Pollution (LRTAP) and the Stockholm Convention on POPs.



Mercury

Similar to other toxics, certain forms of mercury can bioaccumulate in the tissues of aquatic and terrestrial animals. Mercury in the gaseous form can remain in the atmosphere for 6-24 months, allowing it to travel to the remote Arctic via atmospheric and hydrologic processes. This can make northern communities susceptible to mercury producing activities such as fossil fuel burning, metal smelting and waste incineration from distant industrial areas.

Through the Northern Contaminants Program (NCP), MSC's Atmospheric and Climate Science Directorate and MSC's Quebec Region measure mercury at two locations in Canada's North. These measurements began at Alert, Nunavut in 1995 and at Kuujjuarapik, Quebec in 1999.



Gaseous elemental mercury (GEM) measurements at Alert, Nunavut and Kuujjuarapik, Quebec

There is an annual reoccurring pattern of a sharp drop in gaseous elemental mercury concentrations at Alert annually in late February (during Polar Sunrise - see story on page 25). This depletion of mercury in springtime in the arctic air signaled to scientists the existence of a unique chemical process. A similar pattern emerged in the data from Kuujjuarapik, Quebec and for other locations throughout the Arctic and in the Antarctic. This suggests that these mercury depletion events (MDE) occur over large regions and are not restricted to the High Arctic. The MDEs at Kuujjuarapik, however, are less frequent and less intense than at Alert. The source regions of the two sites are distinct. Kuujjuarapik's airshed is mainly from southern areas, whereas Alert's airshed is mostly from Eurasia and North America.

Photo by Janice Lang, DRDC

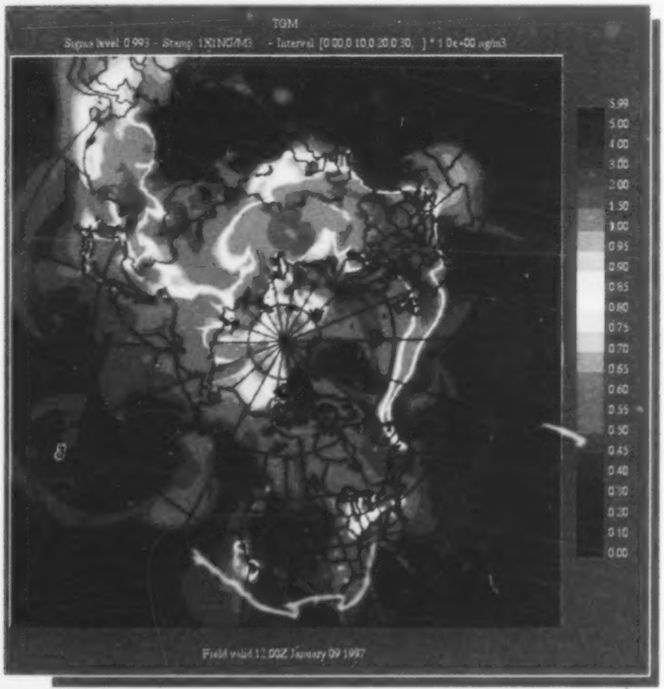
Snow sampling during the Alert 2002 Polar Sunrise Experiments for determination of total mercury concentrations in snow

Scientists from MSC's Quebec Region have been studying gaseous mercury concentrations and atmospheric processes at Kuujjuarapik. The main purpose of this research is to study atmospheric mercury transport and fallout in northern Quebec in connection with mercury oxidation processes. Scientists believe that these oxidation processes are an important contamination route to the northern environment.

Scientists are measuring total mercury concentrations in precipitation, surface-air fluxes, and in soil, water, snow, and over characteristic landscapes in Nunavik. For comparison

purposes, similar measurements will be made over different landscapes - a southern terrestrial area (St. Anicet) and maritime area of the St. Lawrence Gulf (Mingan). This will provide scientists with valuable insights into the geographical extent of mercury oxidation processes and will help them to identify the mechanisms involved.

MSC's mercury measurement programs in Nunavut and Nunavik will enable scientists to gain further insight into how mercury transfers from the atmosphere into the arctic food chain. Continuous annual measurements are necessary for policy makers to assess the effectiveness of mercury emission control strategies and for the development of adaptation strategies for Northerners in traditional food consumption.



GRAHM model output for January 9, 1997, showing the surface air concentrations of total gaseous mercury (in nanograms/m3) in the Northern Hemisphere. The figure gives an indication of the pathway for the transport of mercury into the Canadian Arctic.

Atmospheric Heavy Metals

MSC's Atmospheric and Climate Science Directorate is tracing the life cycle of mercury to develop a comprehensive model that will simulate the transport pathway of mercury into the Canadian Arctic. Mercury has both anthropogenic and natural sources. Anthropogenic mercury comes primarily from coal-fired power plants, metal smelting operations and waste incinerators. Natural sources include weathering of bedrock and gaseous emissions from soils. MSC scientists are developing an accurate inventory of mercury emissions (both natural and anthropogenic) to use as input into MSC's **Global and Regional Atmospheric Heavy Metals** model (GRAHM).

The GRAHM model is a transport and transformation model for the global distribution of mercury. Used in conjunction with MSC's Global Environmental Multi-Scale (GEM) meteorological model, it will simulate the pathways traveled by mercury and other heavy metals. This project is still in its infancy, but there is a strong scientific focus worldwide on defining mercury transport because of its high toxicity.

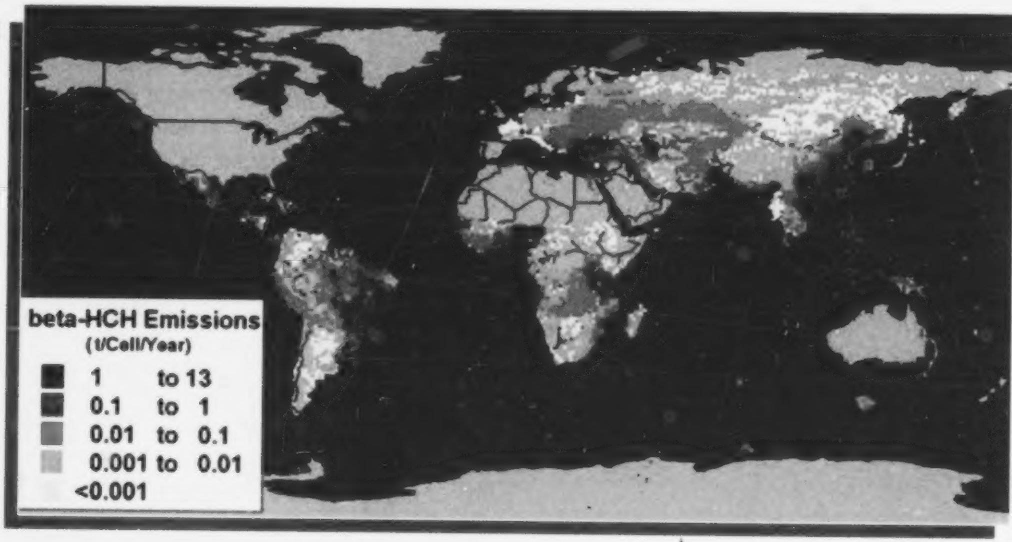
Once mercury transport pathways are understood, effective emission control strategies can be put into place to prevent the dangerous accumulation of mercury in arctic ecosystems.

Using Pesticide Emissions Inventories to Determine Sources and Pathways of Pollutants

Organochlorine pesticides (OCP) such as hexachlorocyclohexanes (HCH), dichloro-diphenyl-trichloroethane (DDT), toxaphene, and endosulfan have been detected in the air, snow, seawater, polar bears and marine mammals in the Arctic. The sources and pathways are known for some of these OCPs, but are not very clear for others. MSC scientists are creating global emission inventories for all OCPs in order to study the sources and pathways of these pollutants.

MSC's Atmospheric and Climate Science Directorate started developing an OCP emission inventory in the early 1990s. The inventory is comprised of global production and usage information for pesticides and commercial chemicals. MSC inputs this information into the **Simplified Gridded Pesticide Emission and Residue Model** (SGPERM) to generate gridded global emission inventories for specific OCPs. MSC is one of only a few organizations in the world to have created such an inventory on both regional and global scales.

MSC distributes the output from this model worldwide through the internet-based **Global Pesticide Release Database** (GloPeRD, **http://www.msc.ec.gc.ca/data/gloperd**). As data continues to become available, the inventory will expand to enable the scientific community to investigate OCP transport and transformation processes. This data sharing contributes to international efforts such as the Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), and the United Nations Economic Council of Europe's (UNECE) Task Force on Persistent Organic Pollutants and the UNECE Expert Panel on Emission Inventories. Such information is essential for developing global pesticide use policies to ensure the future health of Canadians in the North and northern ecosystems.



Gridded global annual emissions for β-HCH in 1990 (Li et al. 2003).

REGIONAL AIR QUALITY PROGRAMS TO ASSESS THE IMPACTS OF CURRENT AND FUTURE NORTHERN DEVELOPMENT

The North is experiencing a boom in mining, oil and gas development. There is concern that atmospheric emissions from these developments may adversely affect human, wildlife and ecosystem health through degradation of regional air quality and increased acid deposition.

The majority of the mining development is occurring in a region spanning across central Northwest Territories to western Nunavut. There are two diamond mines and one gold mine in operation, another two diamond mines and one gold mine are in the environmental assessment regulatory process or construction phase, and two more diamond and gold mines are being proposed for future development. The mines are sources of nitrogen, sulphur, ammonia and particulate matter emissions.

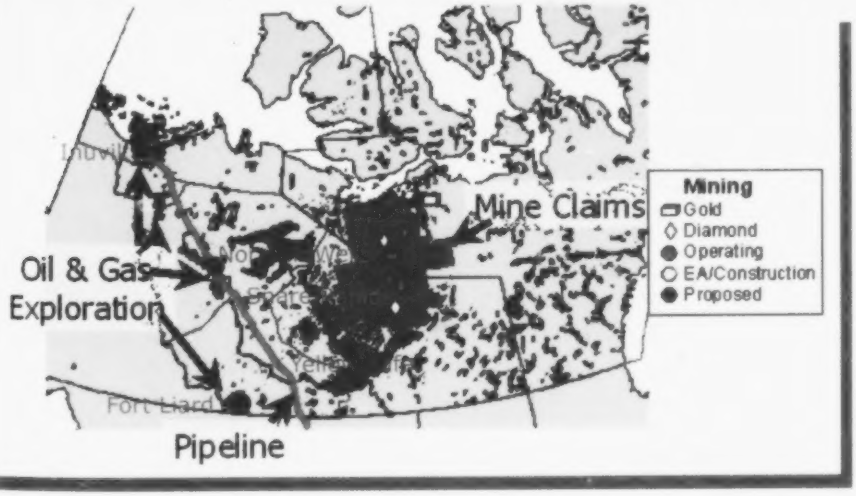
Oil and gas exploration and development is occurring along the Mackenzie Valley and Delta regions. Currently there are small developments in operation in Inuvik, Norman Wells, Fort Liard and Cameron Hills. The Mackenzie Gas Project (including three anchor gas fields in the Mackenzie Delta and a gas pipeline from the Mackenzie Delta to Alberta) is going through the environmental assessment regulatory process. If the pipeline is constructed, oil and gas exploration and development will increase dramatically.

The Prairie and Northern Regional Air Quality Modelling Program has implemented the Community Multiscale Air Quality (CMAQ) modelling system to investigate potential cumulative impacts to regional air quality from current and future northern developments. Over a 1-year modelling episode, scientists will predict ambient concentrations of criteria pollutants (nitrogen oxides, sulphur dioxide, carbon monoxide, particulate matter and ammonia), acid deposition and regional haze.

Through Northern Energy Program funding, MSC's PNR has contributed equipment to the existing Government of the Northwest Territories' (GNWT) air quality monitoring network. Specifically, PNR has provided continuous NO_x and ozone analyzers to the Inuvik station in an effort to determine baseline levels of these gases before oil and gas development ramps up. This will enable scientists to track changes and trends in ambient levels as development occurs. The GNWT also has air quality monitoring sites at Norman Wells and Fort Liard (see map). Each site, including Inuvik, has a program that measures meteorological parameters, and concentrations of hydrogen sulphide, sulphur dioxide and fine particulate matter ($PM_{2.5}$).

MSC's Canadian Air and Precipitation Monitoring Network (CAPMoN) in Downsview is involved in remote deposition-monitoring at Snare Rapids, about 100km northwest of Yellowknife. This site has provided valuable background information from developed regions with diamonds mines. The information will be useful to compare to measurements along the Mackenzie Valley. There are plans to expand this site to include measurements of ground-level ozone and potentially fine particulate matter to assist with the national air quality prediction modelling program. CAPMoN also has additional northern monitoring sites at Goose Bay (Labrador) and LGIV (James Bay).

Up until now, global influences on Canada's northern air quality has been the dominant northern air quality issue. However, as the exploitation of northern resources expands, local and regional issues will become increasingly important to the air quality in the North. MSC's monitoring and air quality modelling activities will be vital to ensuring that increased development in the North does not negatively affect the well-being of Northerners and vulnerable arctic ecosystems.



Current and future northern oil, gas and mining developments.

THE OCEAN-ATMOSPHERE-SEA ICE-SNOWPACK STUDY (OASIS)

OASIS is new international multi-disciplinary initiative to study Ocean-Atmosphere-Sea Ice-Snowpack interactions in Polar Regions. The mission of OASIS will be to determine the importance of ocean-atmosphere-sea ice-snowpack chemical, physical and biological exchange processes on tropospheric chemistry, the cryosphere, and the marine environment, and their feedback mechanisms in the context of a changing climate.

OASIS plans to address how these processes affect atmospheric chemical composition, and control the input of toxic chemicals to polar environments. The nature and extent of snow and ice cover is changing in the Arctic. OASIS will assess the feedback mechanisms of this in the context of climate change. On the one hand, it is likely to be due to a change in the climate, but at the same time, it will also have an impact on the climate. Furthermore, OASIS will address the human and ecosystem impact of air-surface exchange of chemical species. OASIS is endorsed by many international programs including IGAC (International Global Atmospheric Chemistry) Program, AICI (Air Ice Chemical Interactions) activity, and by SOLAS (Surface Ocean Lower Atmosphere Study). An important part of OASIS is expected to take place during the upcoming International Polar Year activities 2007/09. MSC's Atmospheric and Climate Science Directorate is the lead for the OASIS initiative.

CANADIAN SYSTEMATIC MEASUREMENTS OF STRATOSPHERIC OZONE AND UV

The ozone layer is vital to human health and safety because it screens out harmful ultraviolet (UV) radiation. Increased UV at the earth's surface, due to ozone depletion, can be highly damaging to sensitive arctic life forms and to people living in the Circumpolar Regions.

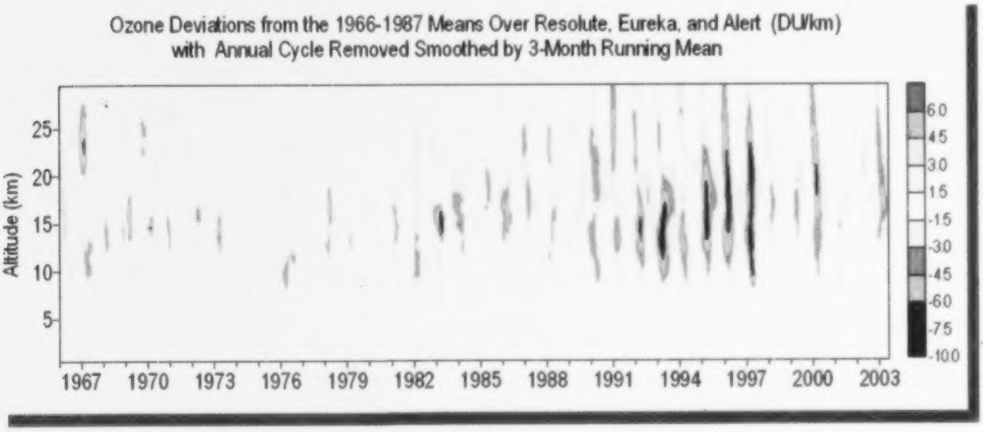
In the winter months over the Polar Regions, the stratospheric winds isolate the polar air mass and result in very cold temperatures, and the formation of polar stratospheric clouds. These clouds support chemical reactions that deplete the ozone layer. Scientific studies suggest that further cooling of the stratosphere due to climate change will increase the formation of these clouds and potentially accelerate the depletion of the ozone layer. The MSC has a network of 12 ozone and UV Brewer monitoring stations across Canada. MSC scientists developed the Brewer instrument, and it has since become the international standard for ground-based measurements. There are currently over 160 Brewers used in 40 countries worldwide. Brewer stations are located in Canada's North at Churchill in Manitoba, Goose Bay in Labrador, and at Alert, Eureka and Resolute Bay in Nunavut. The stations conduct long-term monitoring of stratospheric ozone and UV.

The MSC also operates the Ozonesonde Network with observation stations in Canada's North. Ozonesondes are released into the atmosphere at each network site, and transmit measurements of pressure, wind speed, temperature and humidity as the instruments rise through the ozone layer. As part of its international commitments, MSC has participated in the Match Ozonesonde Program since 1991. This program coordinates the launch of ozonesondes in Europe and Canada to probe common air masses, at different points, as they travel around the Arctic vortex. In 2005, MSC will collaborate with European meteorological services during the next Match campaign.

The Eureka Stratospheric Ozone Laboratory, located on Ellesmere Island in the High Arctic, was the site of a measurement campaign in February and March 2004. It was a collaborative effort between scientists from the

MSC, University of Toronto and the University of Waterloo. The project was funded by the Canadian Space Agency. The objective of the campaign was to validate satellite measurements from the ACE/Scisat-1. This Canadian satellite, launched in August 2003, is equipped with MSC instrumentation to gather data that will increase our understanding of ozone depletion - especially over arctic regions.

Brewer and the Ozonesonde Network data are archived at the World Ozone and UV Data Centre in Downsview, Ontario, and are made available to scientists internationally. These data are essential to MSC and the international science community to help them monitor current and future states of the ozone layer.



Long-term vertical ozone distributions over the Canadian Arctic from 1966-2000 with the annual average for 1966 – 1997 subtracted from the data to show concentration deviations from normal. The green and blue indicate lower than normal ozone concentrations, and are evident in the recent years (1993, 1995, 1996, 1997, 2000 and 2003). (Data are in Dobson units (DU) per km.)

Climate and Climate Change

GLOBAL CLIMATE OBSERVING SYSTEM (GCOS)

The Arctic is particularly sensitive to climate change impacts. It will become increasingly important to develop adaptation strategies for northerners as their traditional lifestyles are challenged. This will require an increased capacity to predict climate variability and climate change. Long-term and comprehensive global observations of the Earth's climate will lead to improvements in these areas.

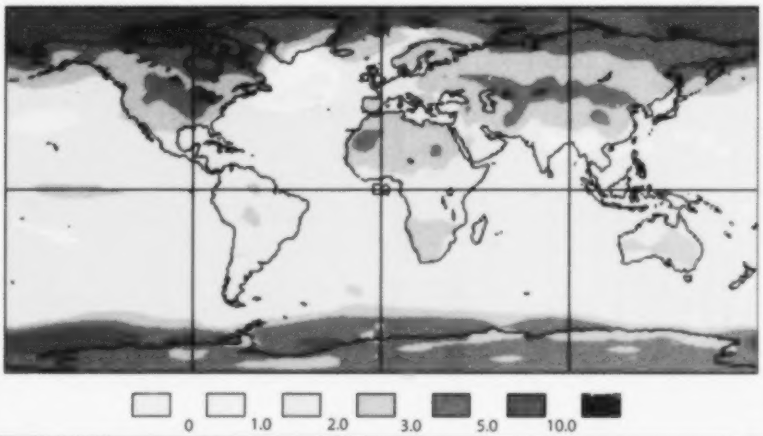
With significant financial funding from the Climate Change Action Fund, the MSC has taken the national lead for this program and has made an international commitment to the World Meteorological Organization (WMO) to provide long-term climate data across Canada. MSC collects climate data from the Global Climate Observing System Surface Network (see GCOS story on page 21). The MSC is committed to the sustainability and longevity of these sites. These stations represent long-term, high quality, complete, homogeneous data across all the major climate regions of Canada.

The MSC integrates observations from this network into models of the climate system. Model outputs will provide scientists with improved insight into the patterns of climate change and will be vital in helping Northern communities adapt to changing environmental conditions.

CANADIAN CENTRE FOR CLIMATE MODELLING AND ANALYSIS (CCCma)

The Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis (CCCma) develops and applies global climate models to improve understanding of past climate change and to make projections of future climate change, inclusive of Canada's northern region. The MSC widely distributes model results within Canada and internationally for impact and adaptation studies.

Surface warming projected by CGCM2 - 2050 vs 1980



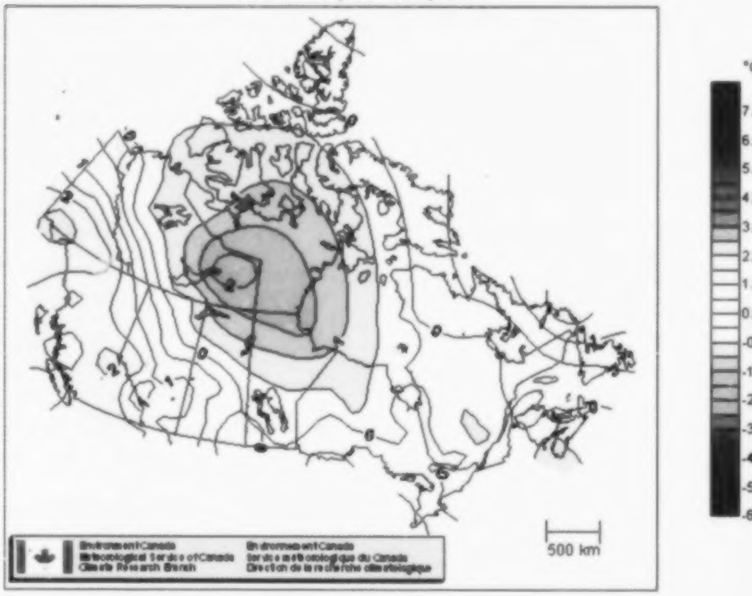
Surface warming projected by CGCM2 for 2050 vs. 1980

The CCCma is also involved in areas of sea-ice process research with the aim of representing sea-ice processes in global and regional climate models, and in operational sea-ice forecast models. Results of this work contributed to the Intergovernmental Panel on Climate Change's (IPCC) Third Assessment Report, and the 2004 Arctic Climate Impact Assessment (ACIA).

THE CANADIAN CLIMATE

With increased global attention to the climate change issue, Canada has an international responsibility to document climate trends and variations in all regions of the country. Through the internet-based Canadian Climate Trends and Variations Bulletin (**http://www.msc-smc.ec.gc.ca/ccrm/bulletin**), Canadians can educate themselves on the current state of the Canadian climate. On this website, the Arctic is sub-divided into four regions, and information on the trends and variability in temperature and precipitation is given for each region.

TEMPERATURE DEPARTURES FROM NORMAL
Annual (Jan-Dec) 2004
ANOMALIES DE LA TEMPERATURE PAR RAPPORT A LA NORMALE
Annuelle (Jan-Dec) 2004



Current and future variability in the climate system are better understood in the context of historical changes in climate. The MSC has been involved in research that extends the world's climate record back 1000 to 2000 years. This work was conducted in collaboration with a number of paleo-data researchers. For example, pre-instrumental climate information was derived using temperature data from 140 boreholes in Canada. This has made it possible for researchers to reconstruct critical climate periods for the past several centuries, demonstrating cooling events in the 18th and 19th centuries, and warming events in the 16th, 17th and 20th centuries.

Annual precipitation extremes and current season ranking, 1948 - 2004 (57 Years)

	Extreme years				Annual 2004	
Region	Driest	Dep. %	Wettest	Dep. %	Rank*	Dep. %
Atlantic Canada	2001	-19.8	1990	19.2	51	-9.0
Great Lakes/St. Lawrence Lowlands	1963	-16.0	1990	19.1	24	4.0
Northeastern Forest	1997	-11.0	1979	13.2	6	7.3
Northwestern Forest	1998	-23.1	1973	16.5	23	-0.9
Prairies	2001	-32.4	1951	26.8	21	3.2
South British Columbia Mountains	2001	-24.7	1996	32.2	20	3.7
Pacific Coast	1985	-24.6	1980	17.4	53	-17.3
North British Columbia Mountains/Yukon	1998	-35.8	1974	22.7	48	-9.2
Mackenzie District	**2004**	**-28.3**	1974	27.6	57	-28.3
Arctic Tundra	1954	-19.8	1996	25.8	32	4.2
Arctic Mountains and Fiords	1948	-46.4	1953	44.2	14	15.4
Canada	1956	-7.3	1996	9.1	33	0.4

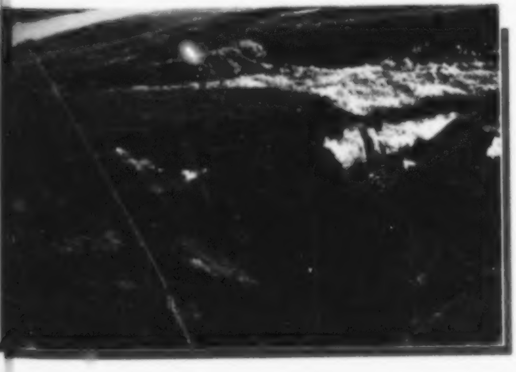
The rank for the most recent value in the series (the 2004 Annual value for each region in this case) is calculated on series data arranged in descending order, from wettest to driest values. Note: the 2004 data are preliminary.

2004 was the driest year on record for the Mackenzie District, 28.3% below normal, 4.1% drier than 1995, the 2nd driest year.

PERMAFROST

MSC established a series of climate-permafrost weather stations from the mid-1980s to the early 1990s as part of investigations of permafrost response to climate change. This work is collaborative with the permafrost experts in the Geological Survey of Canada (GSC), a component of Natural Resources Canada. Experts examine the relationship between ground temperature and the atmosphere.

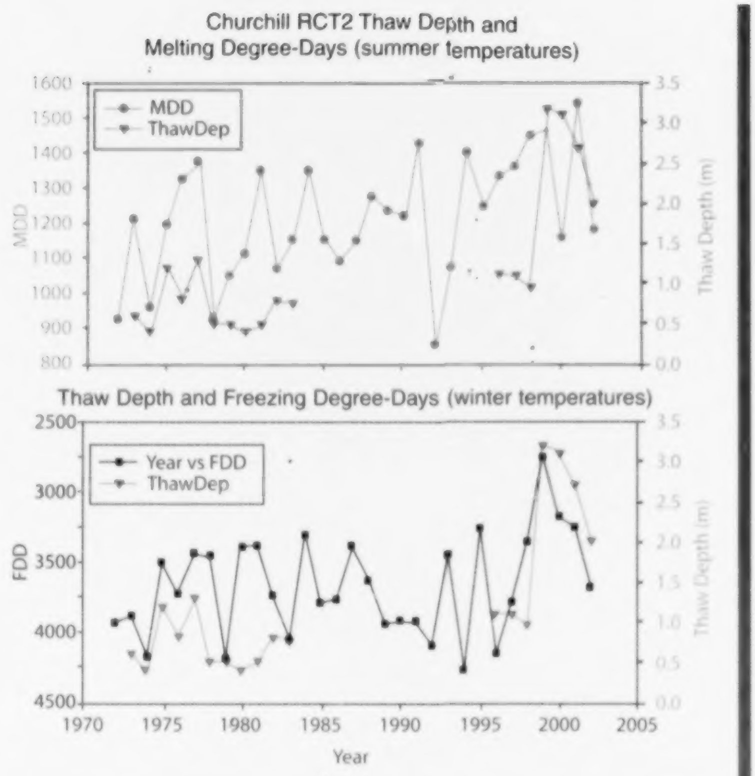
Construction issues are the main concern for Canadians in regards to permafrost. Thawing of frozen ground means that ice in the ground will not support roads, pipelines or other structures, leading to damage. Prediction of the fate of permafrost or designing structures to slow its degradation can improve our ability to respond to climate change. A secondary component of climate/permafrost science is using permafrost changes as an indicator of climate change. This project focuses on the southern margin of the permafrost zone, and looks at changes in the state of permafrost with interannual and long-term climate variations.



Ground ice permafrost

The charts below of winter and summer thaw depth for the Churchill area show permafrost response to climate variability. A large change in thaw depths occurred in the Churchill area in 1999. For previous years, the summer and winter thaw depths were less than 0.8m for most years, and then suddenly increased to over 3m in 1999. The melting and freezing degree-days data shows that this large increase in thaw depth was triggered by preceding mild summers and a change to milder winters.

This network will continue to monitor permafrost changes as an indicator of climate change and to support built infrastructure in Canada's North to ensure the socioeconomic well-being of northerners.



Winter and summer thaw depth measurements for Churchill, Manitoba form 1970 - 2003.

MACKENZIE GEWEX STUDY (MAGS)

Canada's freshwater resources are amongst the largest in the world. The Mackenzie River is the largest North American source of freshwater entering the Arctic Ocean, and has an important influence on global ocean circulation and long-term climate.

The Mackenzie Basin extends from the mountainous cordillera to the Canadian Shield, and from grasslands to tundra. A strong warming trend is occurring in this area. In addition, MAGS research has shown that extreme winter warming events occurred over the Mackenzie Basin more frequently in recent years than ever. Changing climate can alter the nature of our water resources in this region. Since northern rivers and lakes are major transportation arteries, changes in water levels can also have dramatic impacts on the socioeconomic activities in the basin.

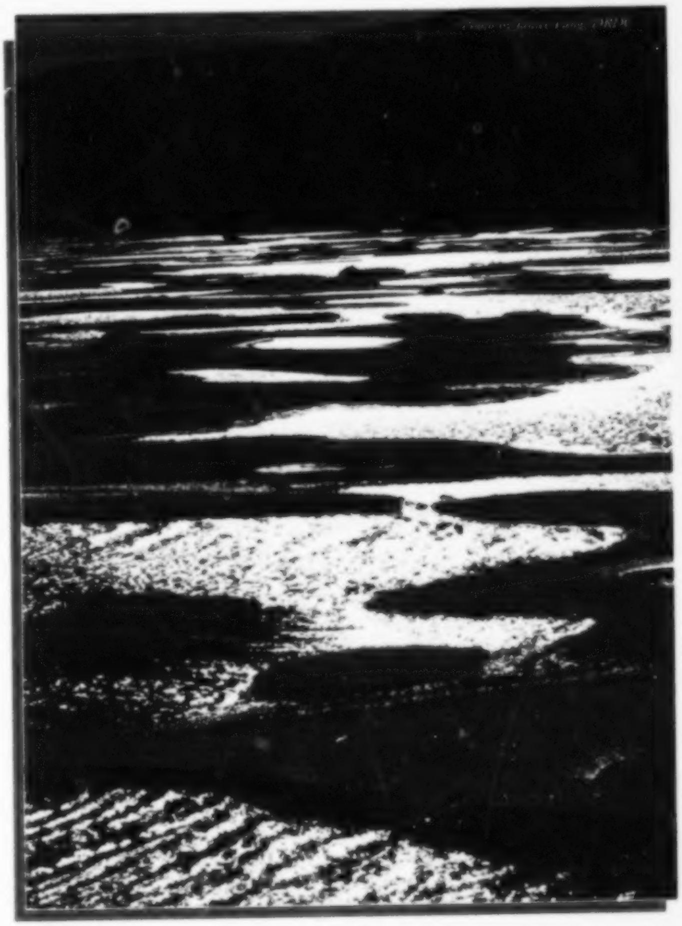
When the WMO World Climate Research Program initiated the Global Energy and Water Cycle Experiment (GEWEX) in 1988, Canada's contribution was to study a northern watershed in order to expand knowledge

of cold climate regions. The Canadian research community of over thirty government and university research groups coalesced to measure and model the atmospheric and hydrologic cycles of the Mackenzie Basin. This collaborative effort, called the Mackenzie GEWEX Study, or MAGS, has documented the energy and water cycles of the basin for the first time.

The overall goals of MAGS are to understand and model the high-latitude water and energy cycles that play roles in the climate system, and to improve our ability to assess the climate related changes to Canada's water resources. MAGS is a long-term (1996-2005), multi-phased study with both monitoring and modelling components. MSC's Atmospheric and Climate Science Directorate and Prairie and Northern Region have made significant contributions to the study. Research results include the following:

- MSC's Climate Research Branch, along with scientists at the NWRI and the University of Waterloo have developed a fully coupled atmosphere/land-surface/hydrologic model for water resource and other research applications in northern and temperate environments.

- MAGS research has significantly improved our knowledge of important but previously poorly understood northern climate processes such as evaporation from surface snow and northern lakes. Scientists from both Canadian and international weather centres currently use this new knowledge, along with the field data collected in MAGS, to improve climate and weather prediction models.



- MSC's Prairie and Northern Region scientists are studying the energy budgets and heat regimes of several subarctic Canadian Shield lakes, including lakes of many different sizes - from small ponds to Great Slave Lake.

- McMaster University and the Northwest Territories Power Corporation have formed a partnership and in conjunction with MAGS are carrying out field studies on processes of runoff generation in the subarctic Canadian Shield. Scientists will incorporate the results of these studies into hydrological models, which will improve short and long-term streamflow forecasting on many Canadian Shield Rivers. This is important for hydropower generation and water supply.

- A team of scientists from MSC's Prairie and Northern Region, the Canadian Forest Service, and McGill University is focusing on the role that thunderstorms

play in the cycling of water and energy over the boreal ecosystem of the Mackenzie Basin. Thunderstorms are common during the summer months, and the associated lightning triggers the majority of forest fires. Findings from this study, used in combination with projected climate scenarios, will be helpful in estimating future fire activity in the region.

There is no doubt that MAGS will be a key contributor to climate impacts knowledge for many years to come. In the remaining years, MAGS scientists will interact with stakeholders to apply the learned knowledge and developed tools to address water resources and other climate-related issues in Northern Canada. The research methods and tools developed by MAGS apply to other watersheds in both Canada and other northern countries.

Field scientists work at the Snare River Meteorological Site during the MAGs Study

IMPACTS AND ADAPTATION

Mackenzie Basin Impacts Study

In addition to living in a harsh and isolated environment, Northerners must also face high vulnerability to chemical contamination and the effects of temperature and precipitation extremes associated with climate change. Impact and adaptation research is therefore essential to the health and safety of Canada's northern communities.

The MSC participated in the Mackenzie Basin Impacts Study (MBIS), which was a six-year collaborative research effort that began in 1990 and culminated with the publication of the Mackenzie Basin Impact Study in 1997. The purpose of the study was to look at the impacts of climate change on the lands, waters and communities in Canada's North. The Mackenzie Basin was selected because it is an area that is expected to experience some of the largest climate change related impacts in the world, and because the lifestyles of the residents are closely linked to the natural resources and the land. The people of this area have already seen a significant rise in temperature over the past 50 years.

The MBIS was unique in that it brought scientists from many disciplines together with stakeholders ranging from industry to aboriginal organizations to participate in a comprehensive review of research. Participants focused on the significance of the various research findings to the people and the communities of Northern Canada. As the project unfolded, the level of participation increased, as did the mutual understanding between scientists, the decision-makers and the public. Study results indicate that the most likely impacts of climate change on the lands, waters and communities in Canada's North will be:

- Lower minimum lake levels
- Increased erosion from thawing permafrost including more landslides
- Increased risks to forests from pests and fires
- Risks to aboriginal lifestyles
- Mixed impacts on access to wildlife
- Potential benefits to agriculture from a longer growing period if irrigation services are expanded

An integrated assessment of climate change impacts and adaptation requires a long-term partnership between scientists and stakeholders at all stages of the research process. The results of the study raised awareness of climate change among policy and decision-makers around the world.

Picturesque Fort Simpson in the Mackenzie Basin

Cryosphere

TRACKING SNOW AND ICE

The cryosphere is defined as the portion of the climate system consisting of the world's ice masses and snow deposits, including ice sheets, ice caps and glaciers, sea ice, snow cover, lake and river ice, and seasonally frozen ground and permafrost.

The cryosphere is among the most important features of the physical and biological environment in Canada with most of the country experiencing several months of snow cover each winter, more than half covered by the permafrost zone, and many of our navigable waters affected by ice. Furthermore, our terrestrial ice masses constitute the most extensive permanent ice cover in the Northern Hemisphere outside of Greenland. In the western cordillera, glaciers are a significant component of the mountain hydrological system.

Monitoring and understanding the cryosphere is required to address key science questions such as the contribution of glacier and ice sheet melt to sea level rise, and for improved representation of cryospheric processes and feedbacks in climate and hydrological models. There are also ongoing domestic requirements for monitoring the cryosphere in Canada for operational decision-making, and for understanding its response to warming and the impacts that it will

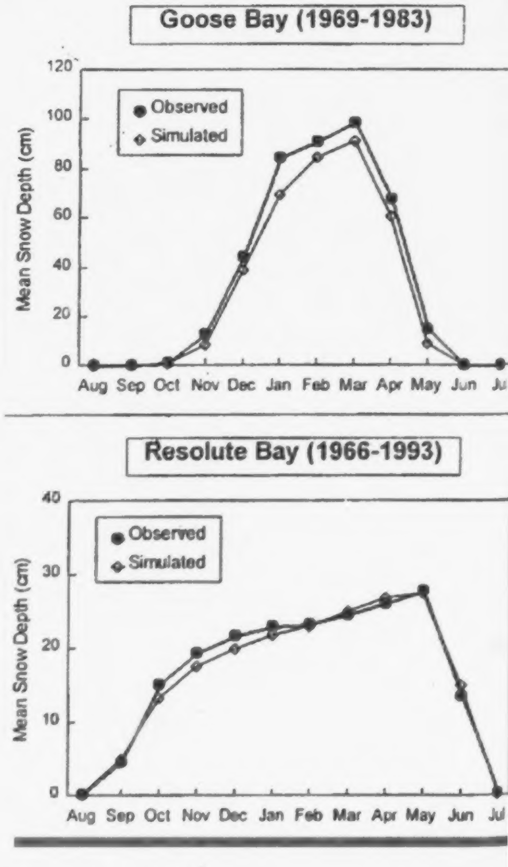
have on our ecosystems and economy. The latter is particularly important since a wide range of Canadian activities are sensitive to changes in cryospheric elements (e.g. agriculture, transportation, construction, mining, offshore are oil exploration, recreation).

The MSC plays a significant role in monitoring the Canadian cryosphere through surface and satellite observations of snow cover, sea and lake ice, and through improved representation of the cryosphere in weather prediction and climate models. In addition, MSC is the lead for the CRYSYS network (see below) which supports R&D in monitoring and understanding variability and change in the Canadian cryosphere.

Field measurements of snow cover.

Satellite Derived Measurements of Canadian Tundra Snow Cover

The depth and extent of snow cover are highly variable and depend on factors such as the frequency and intensity of snowfall events, weather conditions between these events, wind redistribution, surface topography and vegetation cover. Undertaking snow cover measurements using conventional methods is costly and labour intensive because of the extensive and spatially variable nature of snow cover across Canada's North. Accurate estimates of tundra snow cover are necessary to aid operational forecasts of blowing snow events, to quantify winter season water storage, and to investigate climatological trends. This information is especially important with the rapid expansion of mineral exploration activities in the North. Because regular daily snow depth measurements are concentrated in areas below 55° N, scientists are developing remote sensing techniques to improve the spatial representativeness of snow cover measurements at higher latitudes.



Comparison of observed and simulated mean monthly snow depths for 2 sites with different snow climate zones – Goose Bay (taiga –open) and Resolute Bay (tundra) R. Brown

Spaceborne passive microwave sensors have demonstrated an all-weather ability to map ***snow water equivalent*** over selected types of land cover, although developing retrieval algorithms requires validation by comparing results to actual field measurements.

MSC's Climate Research Branch recently completed a major snow surveying campaign with investigators from Wilfrid Laurier University. A helicopter and snowmobile based campaign took place between April 27 - May 10, 2004, and included snow cover and lake ice measurements at approximately 225 sites in the vicinity of the Tundra Ecosystem Research Station at Daring Lake, located 300 km north of Yellowknife. The data from this campaign will aid scientists in developing and evaluating satellite passive microwave methods for monitoring snow cover over tundra environments.

MSC scientists have planned a follow-up campaign for April 2005, and will include data acquisition from airborne and ground-based microwave radiometers. A number of private and public organizations are collaborating and contributing to this project, including the Canadian Water Network, INAC the Government of the Northwest Territories, Polar Continental Shelf Project, NWT Power, and BHP Billiton.

CRYOSPHERE SYSTEM IN CANADA (CRYSYS)

CRYSYS (CRYosphere SYStem in Canada) is a Canadian-led interdisciplinary Science Investigation in the NASA Earth Observing System (EOS) Program. The main goals of CRYSYS are to develop capabilities for monitoring and understanding regional and larger scale variations in Canada's cryosphere (sea ice, snow cover, freshwater ice, glaciers and ice caps, frozen ground/permafrost), and to improve our understanding of the role of the cryosphere in the climate system.

Through the CRYSYS project, MSC assembles and analyses key historical cryospheric data sets in support of climate monitoring and the validation of climate models. CRYSYS is a collaborative research project, and currently involves over 30 researchers from 14 universities, 6 federal research groups, and the private sector. The MSC has hosted and funded CRYSYS since 1993. The Canadian Space Agency (CSA) became a major funding partner of CRYSYS in 2000 through its Government Related Initiatives Program. The CRYSYS project has developed and strengthened scientific partnerships between government departments, the CSA and universities. It has also allowed Canadian scientists and agencies to maintain a leadership role, expertise and visibility in the development of applications of space-based systems for studying the cryosphere and its response to climate change.

MSC's major research contributions to CRYSYS have been through the Atmospheric and Climate Science Directorate and the Canadian Ice Service. Recent examples of MSC research contributions to CRYSYS in the areas of climate monitoring, applications of space-based systems, and the development of climate data sets are shown on the next page.

CRYSYS researchers drilling on ice core in Chruchill, Manitoba.

Climate monitoring:

- Execution of aircraft/field campaigns in northern regions (e.g. northern boreal forest/tundra transition zones in Manitoba and the Northwest Territories) to verify passive microwave satellite-derived retrievals of snow water equivalent (collaboration with Manitoba Hydro and NWT Power in support of hydroelectric power applications); and
- Operating several climate stations at permafrost monitoring sites in northern Canada (Norman Wells, Churchill, Iqaluit) to evaluate the effects of climate variability on permafrost.

Applications of space-based systems:

- Development of techniques to derive sea ice motion velocities in the Arctic Basin and the flux of sea ice into the North Atlantic from advanced microwave scanning radiometry (AMSR-E imagery);
- Development of improved methods for seasonal sea ice forecasting in Hudson Bay in support of commercial shipping; and
- Documenting the variability in lake ice freeze-up and break-up processes over large lakes in northern Canada using passive microwave satellite data.

Development of climate data sets:

- Merging of satellite-derived and surface-derived information on snow water equivalent over central North America to provide continuous information from 1915;
- Development of a gridded snow dataset over North America for evaluation of MSC's Global Circulation Model (GCM) in collaboration with the Canadian Meteorological Centre; and
- Analysis and correction of inhomgeneities from historical sea ice charts;

CRYSYS is providing timely and consistent information on the cryosphere in Canada to the public and decision-makers through the Canadian Cryospheric Information Network (CCIN **http://www.ccin.ca**), which was established in partnership with the University of Waterloo, and through the "State of the Canadian Cryosphere" (**http://www.socc.ca**) website that is maintained by the CCIN. Additional information on CRYSYS is available at **http://www.crysys.ca**.

THE ARCTIC CLIMATE SYSTEM STUDY (ACSYS)

The Arctic Climate System Study (ACSYS) was a 10-year World Climate Research Program (WCRP) that began on January 1, 1994 to study the role of the Arctic in the global climate system.

While ACSYS officially ended in December 2003, a number of ACSYS initiatives have transitioned into the WCRP's Climate and Cryosphere (CliC) program that started in 2000. ACSYS involved over 241

A northern waterway in Canada

participants from 20 different countries with MSC scientists playing key roles in research and in the organization of the study.

The goal of ACSYS was to develop and co-ordinate national and international Arctic science activities aimed at the following three main objectives:

- Understanding the interactions between the Arctic Ocean circulation, ice cover and the hydrological cycle;
- Initiating long-term climate research and monitoring programs for the Arctic; and
- Providing a scientific basis for an accurate representation of Arctic processes in global climate models.

MSC made substantial leadership contributions to the ACSYS Numerical Experimentation Group, the Data Management and Information Panel, the Science Steering Group, and to the organizing committee for the final ACSYS conference. MSC also provided expertise and leadership to ACSYS science activities such as the Sea Ice Model Intercomparison Project (SIMIP), the PILPS 2e Arctic Model Intercomparison Project and to animation software to help understand sea ice dynamics and ice transport in Polar Regions. MSC also contributes extensively to the International Arctic Buoy Program (IABP). MSC's involvement in SIMIP is continuing under the CliC Project. For additional information, visit the ACSYS website at **http://acsys.npolar.no**.

CLIMATE AND CRYOSPHERE PROJECT (CLIC)

The World Climate Research Program (WCRP) introduced the Climate and Cryosphere (CliC) project in March 2000. CliC is a 15-year program that builds on the initiatives of ACSYS (ended in 2003) but covers a much broader scope.

CliC research addresses the entire cryosphere (i.e., snow cover, sea-, lake- and river- ice, glaciers, ice sheets, ice caps and ice shelves, and frozen ground including permafrost) and its relation to climate. The principal goal of CliC is to assess and quantify the impacts of climatic variability and change on components of the cryosphere, and to determine the stability of the global cryosphere.

Over the last two decades, Canadians have seen dramatic changes in snow, ice and permafrost conditions in Canada. There is less snow on the ground, snow and ice are melting earlier in the spring, arctic sea ice extent has decreased significantly, mountain glaciers are experiencing rapid retreat, extensive areas of permafrost are melting, and major ice features are disintegrating. These changes not only have significant impacts for Canada (e.g. threats to water quantity and quality); they influence the global climate system through linkages and feedbacks such as enhanced freshwater export to the Arctic Ocean.

CliC is mobilizing the Canadian research community to take an integrated, multidisciplinary approach to cryospheric science in Canada. This approach is critical to understanding and modelling what is happening in regions such as Hudson Bay, where the climate is influenced by complex interactions between fresh water runoff, ocean circulation and atmospheric circulation. An ad hoc CliC Canada committee was formed in 2003 to promote CliC in Canada, and to develop a national plan for the study. MSC provides secretariat support for the committee and organized the first CliC Canada workshop in December 2003.

MSC is also playing an important leadership role in the international CliC program by providing the Chair of the Science Steering Group as well as project leadership for Phase II of the Sea Ice Model Intercomparison Project and Phase II of the Snow Model Intercomparison Project. MSC scientists will also be contributing to CliC through:

- Validation of satellite-derived estimates of snow water equivalent over tundra
- Estimates of the export of ice and fresh water through the Canadian Arctic Archipelago
- Snow data sets for climate monitoring and model evaluation
- Sea ice data sets for climate monitoring and model evaluation
- Observation and modelling of cold surface processes and carbon fluxes in the boreal forest at the MSC-supported BERMS (Boreal Ecosystem Research and Monitoring Sites) super-site.

Canadian Archipelago Through-Flow Study (CATS)

The Canadian Archipelago Through-Flow Study (CATS) is a five-year international study bringing together Canadian and American scientists to study the first-ever simultaneous tracking of sea ice and freshwater out of the Arctic Ocean through Canadian Arctic Islands and into the North Atlantic. The outflow of freshwater from the Arctic Ocean constitutes a key process that influences the circulation of the global ocean system, and thus global climate.

This study will combine moored ocean instruments, remote sensing satellite data, chemical analyses, and atmospheric modelling to determine the amount and origin of this freshwater. Much of the instrumentation for the study was installed during the 2003 expedition to Nares Strait (between northern Ellesmere Island and Greenland) aboard the US Coast Guard Healy.

MSC scientists are developing a method to use satellite microwave data to estimate the transport of sea ice. Satellites give a more accurate spatial

Water sampling being carried out by the Canadian Coast Guard and crew aboard the Zodiac2 – courtesy of the Canadian Coast Guard.

representation of how the sea ice moves through the main channels of the Arctic Islands than can be derived from in-situ ocean moorings. Once fully developed, this approach will provide the most reliable estimates of sea ice moving from the Arctic Ocean into the North Atlantic.

The US National Science Foundation (NSF) and the Canadian Government, through MSC and the Department of Fisheries and Oceans, are funding this study. The information gained from the study will contribute to the Canadian and US Global Climate Change Programs and the Climate and Cryosphere Program (CliC).

THE CANADIAN ARCTIC SHELF EXCHANGE STUDY (CASES)

The Canadian Arctic Shelf Exchange Study (CASES) Network brings together over 70 leading experts in polar science from 10 Canadian universities, five Federal Departments (Fisheries & Oceans, Environment Canada, Natural Resources Canada, Department of National Defence), and nine foreign countries (USA, Japan, UK, Denmark, Russia, Poland, Norway, Belgium, Spain).

A Canadian Coast Guard Helicopter and ice breaker during a CASES sampling exercise of the Mackenzie Shelf ecosystem in the Beaufort Sea.

The main objective of the study is year-round sampling of the Mackenzie Shelf ecosystem in the Beaufort Sea. The study has two phases that included a preliminary 5-week expedition in August to September 2002 for the mooring of instruments at key locations, followed by the over-wintering of an icebreaker on the Mackenzie Shelf from September 2003 to August 2004. The Canadian Coast Guard provided the administrative, logistic and navigational expertise to operate the research icebreakers for the duration of the project.

To assist in the preparation of the initial proposal for the study, MSC's Canadian Ice Service (CIS) provided the CASES project with climatological ice information for the proposed study area. The CIS also provided the team with crucial information on the feasibility of a vessel freezing in the study area, and whether ice conditions would permit over winter transects throughout the flaw polynya (a non-linear shaped opening enclosed by ice and limited on one side by fast ice). The CIS also played a critical role in determining the optimal location for deployment of the icebreaker, and provided information to the team on the spring break-up of ice.

When the Amundsen departed Quebec City on September 13, 2003, a CIS ice specialist was onboard providing operational ice information support to the vessel using Radarsat imagery and ice charts - produced daily by the CIS. The ice specialist remained aboard until Nov 2, 2003 when the ship froze in. Throughout the winter, monthly ice charts were sent to the ship to monitor the solidifying pack ice.

MSC's CIS also participated in the CASES Sea Ice sub-group. The science group focused on validating microwave signatures of sea ice in the CASES study area. Together with the University of Calgary and University of Manitoba, a CIS technical specialist assisted CASES scientists in developing, testing and deploying two state-of-the-art surface scatterometers. These instruments served to improve mapping of sea ice with RADARSAT-2 data. The CIS technical specialist worked aboard the icebreaker.

In conjunction with CASES, MSC's Prairie and Northern Region Science Division provided researchers with a variety of climate data for the field study area and contributed to the upper air program by donating radiosondes and balloons to the experiment. The Science Division also provided specialized satellite imagery for the field site and worked co-operatively with the University of Alberta during a six-week field experiment.

The Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC) and the Canada Foundation for Innovation (CFI) largely fund the CASES study. Scientists participating in the study are interested in all aspects of the Mackenzie Shelf ecosystem - from carbon dioxide in the atmosphere to polar bears. In particular, CASES focuses on the impacts of climate warming on the biological and physical processes of the Mackenzie Shelf system.

ARCTICNET

ArcticNet is a project of the Canada Network of Centres of Excellence (NCE). Cooperative partners will conduct integrated regional impact studies in coastal marine regions of the Canadian Arctic from 2003 to 2008. ArcticNet will contribute to the knowledge required to formulate policies and adaptation strategies for arctic coastal communities. The Network is centred around a newly retrofitted research icebreaker, the Amundsen, which provides a unique platform for carrying out multi-disciplinary research in the Canadian Arctic. ArcticNet researchers are collaborating with research teams in the USA, Japan, Denmark, Sweden, Norway, Poland, the United Kingdom, Spain, Russia, Greenland and France.

MSC provides leadership to the ArcticNet project by having a presence on the Board of Directors. The Network has more than 20 current projects, organized into the following four research themes:

- Climate change impacts in the Canadian High Arctic: A comparative study along the East-West gradient in physical and societal conditions.
- Food, water and resources in the shifting North-South thermal gradient of the terrestrial Eastern Canadian Arctic.
- Managing the largest Canadian watershed in a new climate: Land-ocean interactions in Sub-Arctic Hudson Bay.
- Adapting to change in the Canadian Arctic: Knowledge transfer, policies & strategies. MSC's Canadian Ice Service also supports this study by providing operational ice information support to the Amundsen vessel; including an onboard CIS ice specialist and daily ice information (satellite imagery and ice charts).

Meteorology & Hydrology

MSC'S NATIONAL HYDROMETEOROLOGY AND ARCTIC LAB

The Meteorological Service of Canada is in the process of establishing the Hydrometeorology and Arctic Lab (HAL) in Edmonton, collocated with MSC's Prairie and Arctic Storm Prediction Centre. This national lab will focus on applied science dealing with hydrometeorological events and high-impact arctic weather, and transferring this applied research into operations. This lab will address these types of high-impact weather events throughout the country. The co-location of the HAL with operations in the storm prediction centre will provide science and operations staff with opportunities to discuss and seek advice on operational science issues.

Hydrometeorology Lab

Recognizing and collaborating with the hydrological expertise within the National Water Research Institute (NWRI) in Saskatoon, the Water Survey of Canada and meteorological expertise within MSC, the HAL will address the following two themes:

1. Meteorological applications in support of hydrology
   - Radar-quantitative precipitation estimation (QPE) validation
   - Precipitation studies
   - Coupled modelling
   - Significant precipitation studies

2. Client feedback to NWRI (Saskatoon), and other MSC national labs
   - Hydrological applications to address water resource management issues
   - Operationalizing research developed at NWRI (Saskatoon), universities, etc.
   - Hydrologic modelling

Arctic Lab

The Arctic lab will focus on improved understanding and prediction of high-impact weather that affects people in Canada's northern latitudes. Some research themes identified by the client community include:

- Blizzard and blowing snow studies
- Wind forecasting
- Remote sensing
- Mesoscale modelling

An example of a new, regional mesoscale modelling initiative at HAL is described on the next page.

Photo by Janice [illegible]

MESOSCALE MODELLING OF ATMOSPHERIC PHENOMENA IN THE ARCTIC

For many Arctic communities, proper forecasting of the wind is crucial for predicting many other weather elements. For example, temperature and fog formation are both very sensitive to wind direction in coastal communities, and blowing snow and blizzards depend critically on wind speed. In the North, many communities are located in regions of complex topography with nearby mountains and deep fjords. Due to sparse observations in the North, (sites in the Arctic are 100s of km apart) the affect of topography on the surface wind is often unknown. As well, many stations exhibit wind behaviour that is poorly understood or predicted by operational models. For example, at Resolute Bay in Nunavut, winds may vary between light northerlies to moderate or strong northeasterlies in a matter of minutes.

High-resolution mesoscale models can provide the forecaster with a representative view of the wind flow at the surface and aloft for a small area. These models allow the forecaster to visualize the flow patterns in regions with complex topography. Running these high-resolution models, however, requires many, many hours of CPU intensive processing, making them impractical and too costly to use on an operational basis. When used in case studies, these models can provide valuable information to the forecaster.

Researchers in MSC's Hydrometeorology and Arctic Lab (HAL), in conjunction with researches at RPN, have planned case studies over various Arctic communities to study a variety of weather patterns. Scientists will use a high-resolution version of the GEM (Global Environment Multiscale numerical weather prediction model) with a grid-resolution of 2.5 km. Results from the model will form the basis of training notes that will graphically show the flow patterns induced at the surface from prevailing weather patterns and surface features. Forecasters will be able to use this conceptual knowledge to recognize, and better forecast winds on an operational basis to provide more accurate weather warnings to protect residents in the North. The use of satellite data in the North has also lead to improved weather forecasts. Meteorologists use satellite data to track high amplitude weather systems that impact the North. The integration of model output, satellite, and in-situ data enables forecasters to understand storm behavior more fully.

Photo by Janice Lang, DRDC

Studying Impacts of Meteorological Hazards on Local Communities

Researchers in MSC's Hydrometeorological and Arctic Lab will collaborate with McGill University and other MSC Branches (the Meteorological Research Branch and the Canadian Ice Service) on an upcoming ArcticNet project. The project aims to increase prediction capabilities for meteorological and related hazards in the Arctic. The study will assess the impacts of these meteorological hazards on local communities, and predict how the occurrence of these hazardous events will change with climate.

To make progress on these critical issues, the proposed project will focus on extreme weather events in Nunavut. Permanent settlements in the Canadian Arctic are mainly located on coastal areas, which, for the most part, have steep cliffs, hills, and mountains. The goal of this project is to determine the general nature of winter storms in Nunavut and the way in which they are affected by local topography and land-sea transitions. This study will focus on the communities of Iqaluit on Baffin Island and Baker Lake.

MSC's Prairie and Northern Region has submitted a number of research proposals for the upcoming International Polar Year that include a convective and fire occurrence model that will help to expand existing lightning prediction capabilities, and arctic snow density evaluation and monitoring programs.

The small community of Cape Dorset

High-Impact Weather Forecasts - Thorpex Arctic Field Experiment

The aim of the Hemispheric Observing System Research and Predictability Experiment (THORPEX) is to accelerate improvements in the accuracy of high-impact 1-14 day weather forecasts for those parts of the world influenced by the Polar Regions. Improvements in global forecasting will be a benefit to society and economy worldwide. Thorpex is an initiative of the World Meteorological Organization's Global Atmospheric Research Program.

For the upcoming International Polar Year (IPY), THORPEX will be the meteorological component for the IPY activities. The project will address specific weather phenomena, such as the impact of Arctic perturbations on European weather and the effect of extreme Artic outflows on Asian and North American weather. In addition, THORPEX will contribute to improving the use of satellite and in-situ data from high latitudes through its various data assimilation programs and will participate in regional field campaigns associated with IPY activities.

For MSC, the project lead is the Meteorological Research Branch of the Atmospheric and Climate Science Directorate with collaborators from the Atmospheric Environmental Prediction Directorate, the Atmospheric Monitoring and Water Survey Directorate and Pacific and Yukon Region.

Streamflow Prediction

Streamflow monitoring in northern Canada is sparse relative to its area. Sound methods are needed to accurately extrapolate measured streamflows from gauged basins to ungauged areas. In response to growing and future industrial development, MSC scientists in the Prairie and Northern Region are currently working on a project to predict streamflow characteristics in ungauged basins in the Mackenzie Valley. This project supports MSC's Water Survey of Canada's ongoing network planning activities, and environmental assessments of current and proposed industrial and transportation developments in the North.

Related Internet Sites

MSC Weather Services and Products

Canada	www.weatheroffice.ec.gc.ca
Nunavut	www.weatheroffice.ec.gc.ca/forecast/canada/index_e.html?id=NU
Northwest Territories	www.weatheroffice.ec.gc.ca/forecast/canada/index_e.html?id=NT
Yukon	www.weatheroffice.ec.gc.ca/forecast/canada/index_e.html?id=YK
Ontario	www.weatheroffice.ec.gc.ca/forecast/canada/index_e.html?id=ON
Quebec	www.meteo.ec.gc.ca/forecast/canada/index_e.html?id=QC
Labrador	www.weatheroffice.ec.gc.ca/forecast/canada/index_e.html?id=NF

Lightning – Canadian Lightning Detection Network
www.weatheroffice.ec.gc.ca/lightning/index_e.html

Marine Monitoring Networks
www.weatheroffice.ec.gc.ca/marine/index_e.html

Sea Ice Information – Canadian Ice Service
www.ice-glaces.ec.gc.ca

Water Survey of Canada
www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/rel_arch/index_e.html

Climate Data and Information Archive
www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/Welcome_e.html

Atmosphere, Climate, Ice and Hydrology Research

Fourth International Polar Year
www.dfait-maeci.gc.ca/circumpolar/int_polar_year-en.asp

▼ Atmospheric Research

Alert 2000 – Polar Sunrise Experiments
www.msc-smc.ec.gc.ca/projects/alert2000/index_e.html

Northern Contaminants Program
www.ainc-inac.gc.ca/ncp/index_e.html

Global Pesticides Release Database (GloPeRD)
www.msc.ec.gc.ca/data/gloperd

▼ Climate and Climate Change

Global Climate Observing System
www.wmo.ch/web/gcos/gcoshome.html

Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis
www.cccma.bc.ec.gc.ca

The Canadian Climate Trends and Variations Bulletin
www.msc-smc.ec.gc.ca/ccrm/bulletin

Mackenzie GEWEX Study (MAGS)
www.usask.ca/geography/MAGS

Mackenzie Basin Impacts Study
www.msc-smc.ec.gc.ca/airg/research_projects/mack_basinstudy/sum_results_e.cfm

Canadian Cryospheric Information Network (CCIN)
www.ccin.ca

State of the Canadian Cryosphere
www.socc.ca

CRYSYS - CRYosphere SYStem in Canada
www.msc-smc.ec.gc.ca/crysys

The Arctic Climate System Study (ACSYS)
www.acsys.npolar.no

The Climate and Cryosphere Project (CliC)
www.clic.npolar.no

ArcticNet
www.arcticnet-ulaval.ca

▼ Meteorology & Hydrology

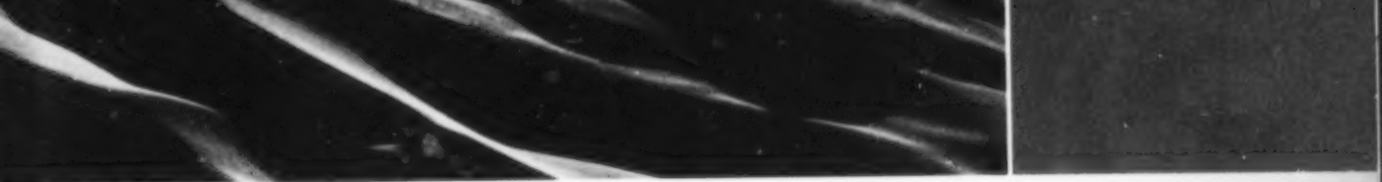
Thorpex
www.wmo.int/thorpex/mission.html

▼ Assessment

Arctic Climate Impacts Assessment
www.acia.uaf.edu

Arctic Ozone
www.msc-smc.ec.gc.ca/education/arcticozone/index_e.cfm

Climate change and ozone depletion: Understanding the Linkages
www.msc-smc.ec.gc.ca/saib/ozone/docs/ozone_depletion/index_e.html



Glossary

ACRONYM	EXPANSION
ACIA	Arctic Climate Impact Assessment
ACSD	Atmospheric and Climate Science Directorate
ACSYS	Arctic Climate Systems Studies
AMAP	Arctic Monitoring and Assessment Programme
AMDAR	Aircraft Meteorological Data Rely Program
AMWSD	Atmospheric Monitoring and Water Survey Directorate
AR	Atlantic Region
ATADs	Automated telephone answering devices
AWOS	Automatic Weather Observing Stations
CAPMoN	Canadian Air and Precipitation Monitoring Network
CASES	Canadian Arctic Shelf Exchange Study
CATS	Canadian Archipelago Through-Flow Study
CCCma	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis
CCG	Canadian Coast Guard
CFI	Canada Foundation for Innovation
CIS	Canadian Ice Service
CLDN	Canadian Lightning Detection Network
CliC	Climate and Cryosphere Project
CMAC	Canadian Meteorological Aviation Centre
CMAQ	Community Multiscale Air Quality modelling system
CMC	Canadian Meteorological Centre
CRYSYS	Cryosphere System in Canada
CSA	Canadian Space Agency
DFO	Department of Fisheries and Oceans
DND	Department of National Defence
EC	Environment Canada
EM&R	Energy, Mines and Resources
GAW	Global Atmospheric Watch Program
GCM	Global Circulation Model – sometimes referred to as Global Climate Model
GCOS	Global Climate Observing System
GEM	Gaseous elemental mercury
GEM	Global Environmental Multi-Scale meteorological model
GEWEX	Global Energy and Water Cycle Experiment
GloPeRD	Global Pesticide Release Database
GNWT	Government of the Northwest Territories

GRAHM	Global and Regional Atmospheric Heavy Metals Model
GSC	Geological Survey of Canada
GSN	Global Surface Network
HAL	Hydrometeorology and Arctic Lab
HAWS	High Arctic Weather Station
IABP	International Arctic Buoy Programme
INAC	Indian and Northern Affairs Canada
IPCC	International Panel on Climate Change
IPY	International Polar Year
LWIS	Limited capability AWOS
MAGS	Mackenzie GEWEX Study
MBIS	Mackenzie Basin Impacts Study
MDEs	Mercury depletion events
MSC	Meteorological Service of Canada
NAV CANADA	Not-for-profit private company delegated by the Canadian government to provide civil aviation services (including weather services) in Canada.
NCE	Network of Centres of Excellence
NCP	Northern Contaminants Program
NSF	National Science Foundation
NWS	National Weather Service
OASIS	International multi-disciplinary initiative to study Ocean-Atmosphere-Sea-ice-Snowpack interactions in Polar Regions
OCP	Organochlorine pesticides
ODAS	Ocean Data Acquisition System
ODS	Ozone depleting substances
OGD	Other Government Departments
OR	Ontario Region
P&Y	Pacific & Yukon Region
PCSP	Polar Continental Shelf
PNR	Prairie and Northern Region
POPs	Persistent organic pollutants
QR	Quebec Region
RHBN	Reference Hydrometric Basin Network
SGPERM	Simplified Gridded Pesticide Emission and Residue Model
SPC	Storm Prediction Centre
SWE	Snow water equivalent
UTC	Universal Time Constant
UV	Ultraviolet
VOS	Voluntary Observing Ships Program
WCRP	World Climate Research Program
WDCGG	WMO World Data Centre for Greenhouse Gases
WMO	World Meteorological Organization
WSD	Water Survey Division

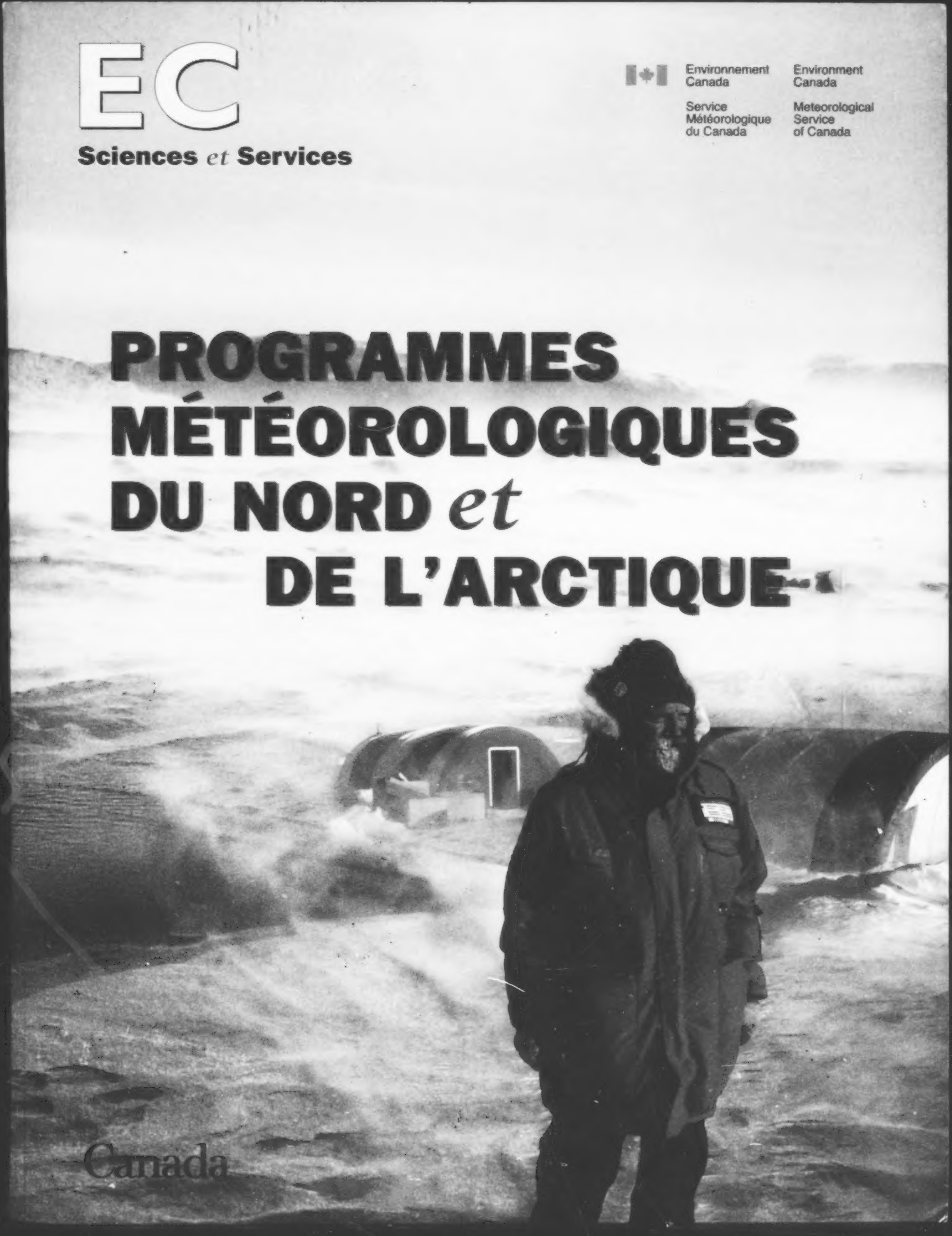
EC

Sciences *et* Services

Environnement Canada — Environment Canada

Service Météorologique du Canada — Meteorological Service of Canada

PROGRAMMES MÉTÉOROLOGIQUES DU NORD *et* DE L'ARCTIQUE



Canada

Auteurs
Victoria Hudec • Angus Fergusson
Service météorologique du Canada
Environnement Canada

Ce rapport est disponible sous forme électronique à l'adresse :
http://www.msc-smc.ec.gc.ca/acsd/publications/index_f.html?

On peut en obtenir des copies papier en écrivant ou en téléphonant à :
Direction de l'évaluation scientifique et de l'intégration
Service météorologique du Canada
4905, rue Dufferin
Downsview (Ontario)
M3H 5T4

(416) 739-4645

Publié avec l'autorisation du ministre de l'Environnement
© Ministère des Travaux publics et Services gouvernementaux
Canada 2005

Catalogue N° : En56-204/2005F
ISBN N° : 0-662-68616-0

Table des matières

REMERCIEMENTS i

MESSAGE DU SOUS-MINISTRE ADJOINT iii

INTRODUCTION 1

L'ORGANISATION DU SERVICE MÉTÉOROLOGIQUE DU CANADA POUR LE NORD 4

SERVICES ET RÉSEAUX DU SMC DANS LE NORD 6

Observatoires météorologiques de l'Extrême-Arctique 7

Prévisions météorologiques et vulgarisation 7

Réseaux d'observation météorologique 9

Réseau d'observation aérologique 9

Programme canadien de retransmission des données météorologiques d'aéronefs (AMDAR) 10

Réseau d'observation météorologique de surface 11

Réseau d'observation météorologique en surface pour l'aviation 11

Stations météorologiques automatiques 12

Site du SMC d'essai d'instruments et de système de mesure de surface dans des conditions météorologiques arctiques 13

Réseau canadien de détection de la foudre 13

Réseaux de surveillance maritime 15

Navires d'observation bénévole et navires d'observation automatique bénévole 15

Programme de bouées SADO d'Environnement Canada pour le Nord 16

Bouées sur glace de collecte de données dans le bassin de l'Arctique 16

Bouées sur glace de collecte de données du SCG 16

Glace 17

Navigation dans l'Arctique 17

Acquisition de données sur les glaces 17

Avis sur la lisière des floes 18

Produits sur les glaces de mer et archives de données climatologiques 19

Eau 19

Relevés hydrologiques 19

Climat 21

Réseau de surface du Système mondial d'observation du climat (GSN) 21

RECHERCHE

La quatrième Année polaire internationale (2007–2008) 22

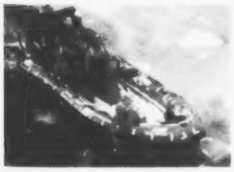
L'atmosphère 23

Surveillance de l'atmosphère à l'observatoire de l'Extrême-Arctique du SMC, à Alert (NU) 23

Programme Veille de l'atmosphère du globe 23

ALERT 2000 – Expériences sur le lever de soleil polaire 25

Contaminants toxiques 27



Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord 27

Sources de pesticides organochlorés 28

Mercure 30

Métaux lourds dans l'atmosphère 31

Utilisation des inventaires d'émissions de pesticide pour identifier les sources et les voies de transport des polluants 31

Programmes de qualité de l'air régionale pour évaluer les impacts des développements actuels et futures du Nord 32
Étude sur l'océan, l'atmosphère, la glace de mer et la couverture nivale (OASIS) 34
Mesures canadiennes systématiques de l'ozone stratosphérique et du rayonnement UV 34
Climat et changement climatique 35
Système mondial d'observation du climat (SMOC) 35
Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique 36
Le climat canadien 36
Le pergélisol 37
Étude GEWEX du Mackenzie (MAGS) 38
Impacts et adaptation 40
Étude d'impact sur le bassin du Mackenzie 40
La cryosphère 41
Suivi de la neige et de la glace 41
Mesures par satellite de la couverture nivale de la toundra canadienne 42
Système cryosphérique du Canada (CRYSYS) 43
Étude du système climatique de l'Arctique (ACSYS) 44
Projet Climat et cryosphère (CliC) 45
Étude de la circulation dans l'archipel canadien (CATS) 46
Étude sur la plateforme arctique canadienne (CASES) 47
ArcticNet 48
Météorologie et hydrologie 49
Laboratoire national d'hydrométéorologie et de l'Arctique du MSC 49
Laboratoire d'hydrométéorologie 49
Laboratoire de l'Arctique 49
Modélisation mésoéchelle de phénomènes atmosphériques dans l'Arctique 50
Étude des impacts des dangers météorologiques sur les collectivités locales 51
Prévisions météorologiques à grand impact – Expérience sur le terrain en Arctique THORPEX 51
Prévision des écoulements fluviaux 52
SITES INTERNET CONNEXES 53
GLOSSAIRE 55

Remerciements

L'excellent travail de recherche déployé par **Georgia Simms** pour ce rapport est grandement apprécié. Nous remercions **le personnel du SMC** qui a fourni des renseignements sur les nombreux services et les nombreuses initiatives de recherche du SMC dans le Nord.

Nous désirons également remercier **le personnel du SMC dans les régions, du Service canadien des glaces et de la Direction générale des sciences atmosphériques et climatiques** pour son examen détaillé du contenu de ce rapport. Les contributions de **Deborah Brown, Lorne Baker, Jeff Sowiak, Ross Brown** et **Janice Lang** sont particulièrement appréciées.

Photographie de la couverture, et aux pages ii et iv :

Janice Lang, Recherche et développement pour la défense Canada – Ottawa

Conception graphique et tirage photographique par

BTT Communications (Toronto)

Message
du sous-ministre adjoint

C'est avec fierté que je mets à votre disposition ce rapport sur les activités du Service météorologique du Canada (SMC) dans le Nord et l'Arctique. En moins d'un siècle, nous sommes passés des simples observations météorologiques dans le Nord à des services rapides et exacts aux Canadiens du Nord dans les domaines de la météorologie, du climat, de l'hydrologie et des glaces, ainsi qu'à des travaux de recherche, à titre de leader et de participant, à l'appui de programmes nationaux et internationaux.

Les quatre fonctions du SMC, nommément la surveillance, la prévision, les services et la science, appuient nos programmes nordiques et arctiques. Malgré l'environnement rigoureux du Nord et de l'Arctique, le SMC a relevé le formidable défi de desservir la population clairsemée qui vit dans cette immense région. Le SMC contribue également de façon importante aux initiatives de recherche nationales et internationales. Par exemple, le programme Veille de l'atmosphère du globe et les installations de recherche mis en place à Alert ont attiré de nombreux chercheurs de partout dans le monde. Le SMC est en train de moderniser les installations d'administration et d'hébergement d'Eureka pour mieux répondre aux besoins du personnel et des chercheurs invités qui utilisent Eureka comme point d'escale durant leurs longs voyages vers l'Extrême-Arctique.

En collaboration avec les universités et les chercheurs étrangers, nos propres chercheurs continuent d'élargir nos connaissances de l'atmosphère et de la cryosphère du Nord et de l'Arctique. Nos recherches pour comprendre les processus atmosphériques et climatiques du Nord nous ont mené, par exemple, à une meilleure compréhension du changement du climat, des processus liés à la glace, à la neige et à l'atmosphère de l'Arctique, et nous montrent comment modéliser l'atmosphère du Nord et de l'Arctique. Avec ces connaissances accrues, nous pouvons prédire de façon fiable l'état de l'atmosphère et du climat par suite du changement climatique.

J'aimerais remercier tous les employés qui ont contribué au succès des programmes nordiques et arctiques du SMC. J'aimerais également vous inviter à découvrir, grâce à ce rapport, comment les programmes scientifiques et les services du SMC dans cette région profitent aux Canadiens et au reste de la planète.

Marc Denis Everell

Introduction

Services et sciences du Nord du SMC

Le Nord canadien est une vaste région qui comprend les terres et le territoire océanique au nord de la ligne de pergélisol discontinu. Selon la définition d'Environnement Canada, il comprend le Yukon, les Territoires du Nord-Ouest, le Nunavut, les basses terres de la baie d'Hudson, le nord du Québec et le Labrador, et couvre huit zones écologiques différentes. La partie située au nord du cercle polaire arctique est la région arctique du Canada.

Dans cette immense région nordique, qui est caractérisée par un climat rude et une population clairsemée, le Service météorologique du Canada (SMC) fournit des services à base scientifique et mène des activités de recherche et de développement pour garantir la sécurité et le bien-être des citoyens, protéger l'environnement, encourager le développement économique, et nous faire mieux connaître l'atmosphère et l'environnement du Nord.

Les mieux connus de ces services à base scientifique sont les programmes d'avis et d'avertissements à l'intention du grand public, de l'aviation et de la marine. Les programmes produisent des avis et des avertissements basés sur les observations des conditions météorologiques et des glaces. Ils comprennent des prévisions météorologiques à l'intention du grand public, des informations et des prévisions pour l'aviation, et des bulletins et prévisions sur l'état de la mer et des glaces pour la communauté maritime. Le domaine d'application est vaste. Chaque collectivité du Nord bénéficie d'informations et de prévisions météorologiques, chaque vol nordique dispose d'informations et de prévisions météorologiques à jour pour les trajectoires de vol, et chaque voyage maritime, dans les eaux nordiques ou arctiques, dispose des dernières informations sur l'état de la mer et des glaces et les conditions météorologiques. Le réseau hydrométrique du Nord (en partenariat avec le ministère des Affaires indiennes et les territoires) appuie les transports sur les principaux cours d'eau, les opérations hydroélectriques, et la prévision des inondations, des précipitations et des embâcles. Les données et les prévisions du SMC aident les industries nordiques à opérer avec efficacité et efficience, ce qui assure la prospérité économique du Nord et du Canada.

Ces services à base scientifique sont disponibles à cause des recherches fiables et excellentes effectuées au SMC depuis plusieurs décennies. L'assise du Service météorologique du Canada est constituée par les données recueillies par ses réseaux de surveillance du temps, du climat, des mers, de l'atmosphère et de l'eau. En se servant de ces observations, le SMC a élaboré certains des meilleurs modèles numériques de prévision du temps et du climat au monde. Ces outils permettent aux météorologistes de produire des prévisions météorologiques pour les collectivités nordiques, comme ils le font pour d'autres villes canadiennes telles que Toronto et Vancouver.

En collaboration avec des partenaires, les chercheurs du SMC étudient les principaux problèmes du Nord, comme la qualité de l'air, la distribution des substances toxiques, l'évolution du climat ainsi que les états actuels et futurs de la couche d'ozone arctique et le rayonnement ultraviolet. Les mesures et les observations utilisées dans les recherches proviennent d'instruments terrestres, aéroportés et satellisés installés à divers sites nordiques, dont les laboratoires du SMC d'Alert et d'Eureka, dans l'Extrême-Arctique. Une grande partie des recherches liées à ces mesures et observations est effectuée par la Direction générale des sciences atmosphériques et climatiques (DGSAC) du SMC à Downsview (Ontario). Les chercheurs du SMC collaborent avec des collègues d'universités canadiennes ainsi que d'organismes gouvernementaux et d'universités de l'étranger pour les recherches dans le Nord. Cet effort de collaboration a débouché sur une bien meilleure compréhension des problèmes mondiaux liés aux contaminants et substances toxiques, au changement climatique et à l'appauvrissement de la couche d'ozone.

Les obligations du Canada en vertu de protocoles et d'accords internationaux aident également à établir le programme de recherche du SMC dans le Nord. Le Protocole de Montréal pour la protection de la couche d'ozone et le Protocole de Kyoto sur les changements climatiques obligent le Canada à élargir ses connaissances sur ces questions et à contribuer au corpus de connaissances international. Les chercheurs du SMC participent à de nombreux forums et groupes consultatifs internationaux importants comme le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), et contribuent à des évaluations de la stratégie internationale. Grâce à la participation du Canada au Conseil de l'Arctique, les chercheurs du SMC ont contribué à l'Évaluation des impacts du changement climatique dans l'Arctique. Cette évaluation permettra de mieux comprendre la science de l'Arctique et d'identifier des domaines de recherche futurs.

Dans le cadre du Protocole de Montréal, les chercheurs du SMC continuent à surveiller l'épaisseur de la couche d'ozone dans le Nord et dans l'Arctique, particulièrement au printemps. Cela garantira l'efficacité des mesures de surveillance mondiale et aidera à identifier d'autres mesures nécessaires. Ils ont également participé au suivi du transport à grande distance de métaux lourds et de pesticides jusque dans l'Arctique à partir de diverses régions sources dans le monde. Grâce au réseau climatologique du SMC, les chercheurs ont établi que le climat de l'ouest de l'Arctique s'est réchauffé de 3 à 5 degrés Celsius au cours des 40 dernières années. Les recherches du SMC ont permis de documenter un certain nombre d'impacts importants de ce réchauffement, dont la fonte des glaciers, le dégel du pergélisol, une réduction de l'épaisseur et de l'étendue de la couverture de glace, une fonte précoce de la neige au printemps, et un changement des régimes de précipitation. Une information sur l'ampleur et la vitesse du changement du système climatique est essentielle pour aider les Canadiens et les citoyens d'autres pays à s'adapter au changement climatique.

Limites du Nord fixées par Environnement Canada

Les modèles climatiques mondiaux sont les seuls outils disponibles pour voir dans l'avenir et prévoir comment les régimes climatiques et les courants océaniques réagiront aux changements des gaz à effet de serre et des polluants connexes dans l'atmosphère. Les chercheurs du Service météorologique du Canada sont des pionniers et des meneurs à l'échelle mondiale dans l'élaboration et l'utilisation de modèles climatiques mondiaux. Des chercheurs du Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique (CCmaC) du SMC ont élaboré un modèle couplé de l'atmosphère, de l'océan et de la glace de mer qui est considéré comme l'un des meilleurs au monde. En plus de coupler l'atmosphère, l'océan et la glace, les climatologues du SMC ont relevé le défi audacieux d'élaborer la prochaine génération de modèles climatiques qui inclura les processus biologiques et chimiques clés qui règlent le cycle planétaire du carbone – et par conséquent, notre climat. Pour formuler notre stratégie concernant nos engagements de Kyoto, il est essentiel de comprendre comment la biosphère réagira à des concentrations plus élevées de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et quelles en seront les répercussions subséquentes sur l'atmosphère.

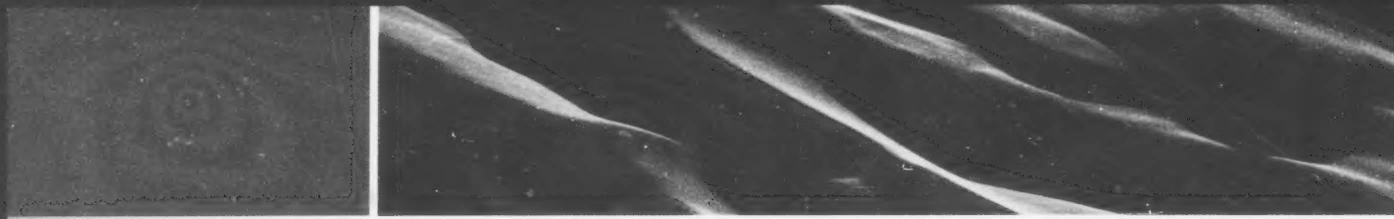
En plus d'informer les décideurs au Canada, les modèles climatiques canadiens ont été utilisés intensivement à l'étranger. Le *Third Assessment Report* de 2001 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a utilisé le modèle canadien avec trois autres dans ses études clés visant à déterminer si l'effet anthropique sur le climat était décelable dans les données climatologiques mondiales. Le modèle climatique canadien a également été l'un des deux modèles utilisés (l'autre étant le modèle du Hadley Centre de Grande-Bretagne) dans la récente National Assessment of the Potential Impacts of Climate Variability and Change aux États-Unis.

Pour les dix prochaines années, les objectifs de recherche et développement (R-D) du SMC pour le Nord sont :

1. appuyer la prise de décision basée sur le risque en ce qui concerne les phénomènes météorologiques et environnementaux connexes à fort impact (conditions météorologiques, hydrologiques et océanographiques, qualité de l'air) qui menacent la sécurité des Canadiens, leur économie et leur environnement à des échelles allant des minutes aux jours et aux semaines;
2. appuyer la prise de décision basée sur le risque en ce qui concerne les changements atmosphériques et les changements et la variabilité connexe de l'environnement qui menacent la sécurité des Canadiens, leur économie et leur environnement à des échelles allant des semaines aux années et aux siècles;
3. fournir un tableau cohérent et logique des états présents et passés de l'atmosphère et de l'environnement connexe.

La demande des services et de la recherche du SMC dans le Nord restera urgente tant que le développement économique dans le Sud du Canada et dans le Nord continueront de perturber l'environnement atmosphérique nordique. Au cours des cinq prochaines années, on reprendra les forages exploratoires dans la mer de Beaufort, et un gazoduc proposé sera construit dans la vallée du Mackenzie. Ces grandes entreprises, et d'autres, obligeront un plus grand nombre de personnes dans le Nord à travailler dans un environnement en constante évolution. Il en résultera un besoin de services additionnels et des recherches plus approfondies sur l'atmosphère et l'environnement.

Il y a de nombreux défis inhérents à la fourniture de ces services. La langue de communication pose un problème particulièrement important; par exemple, l'inuktitut est la langue maternelle d'environ 85 % de la population du Nunavut. La couverture médiatique est centralisée dans les trois grandes collectivités de Yellowknife, Rankin Inlet et Iqaluit. Les autres régions sont desservies par des systèmes de diffusion automatiques, des répondeurs téléphoniques et Radio Météo. Le SMC a de nombreux réseaux et stations dans le Nord mais, étant donné la vaste étendue de celui-ci, la densité des données est faible. Le défi du SMC est de fournir ces services nécessaires à un coût abordable, tout en veillant à ce qu'ils répondent aux besoins des habitants du Nord et des Canadiens.



L'ORGANISATION DU SERVICE MÉTÉOROLOGIQUE DU CANADA POUR LE NORD

Le Service météorologique du Canada est le chef de file d'Environnement Canada en matière de sciences et de technologies dans le Nord et assure le leadership de la fourniture de services dans le Nord.

Les composantes des services et des recherches nordiques du SMC se trouvent dans les Régions du SMC de tout le Canada, à l'AC du SMC à Downsview (Ontario) et au Service canadien des glaces à Ottawa (Ontario). Dans le Nord, le SMC possède et exploite des installations d'observation à Eureka et à Alert, des installations d'observation aérologique à 16 sites dans le Nord, et des stations d'observations climatologiques, météorologiques et hydrométriques dans tout le Nord.

Depuis 2002, les 15 centres météorologiques du SMC ont été transformés en cinq nouveaux Centres de prévision des tempêtes (CPT). La responsabilité des prévisions pour les régions nordiques du Canada sera répartie comme suit entre les centres :

- CPT du Pacifique (Vancouver) – pour le Territoire du Yukon
- Centre de prévision des tempêtes (CPT) des Prairies et de l'Arctique (Edmonton) – pour le Nunavut et les Territoires du Nord-Ouest
- CPT de l'Ontario (Toronto) – pour le nord de l'Ontario
- CPT du Québec (Montréal) – pour le nord du Québec
- CPT de l'Atlantique (Halifax) – pour le Labrador

Les nouveaux Centres météorologiques aéronautiques du Canada (CMAC) de l'est (Montréal) et de l'ouest (Edmonton) sont devenus opérationnels au printemps 2004. Le CMAC de Montréal s'occupe des prévisions pour l'aviation pour le nord de l'Ontario, le nord du Québec et le Labrador; le CMAC d'Edmonton produit les prévisions pour les régions de l'Arctique ainsi que le Nunavut, les Territoires du Nord-Ouest et le Territoire du Yukon.

Installations d'observation à Eureka, NU

Le SMC a créé un laboratoire national à Edmonton, qui est co-implanté avec le Centre de prévision des tempêtes (CPT), et se concentrera sur les sciences appliquées liées à l'hydrométéorologie et à la météorologie de l'Arctique. On a créé des postes spéciaux de préposés aux avertissements et à la vulgarisation pour faire face aux phénomènes météorologiques à fortes incidences au Nunavut et dans les Territoires du Nord-Ouest en identifiant les possibilités d'amélioration de l'efficacité des programmes d'Environnement Canada, et en travaillant avec les collectivités pour réduire les risques.

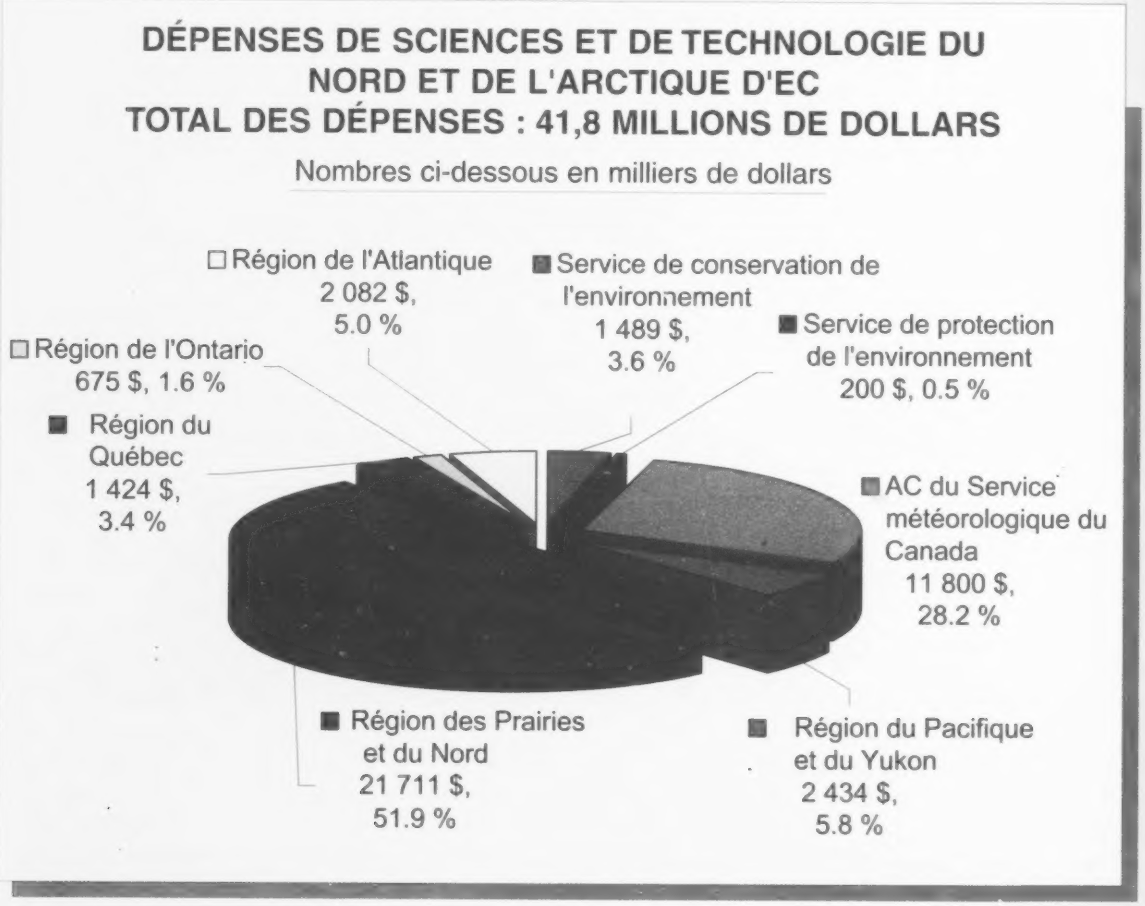
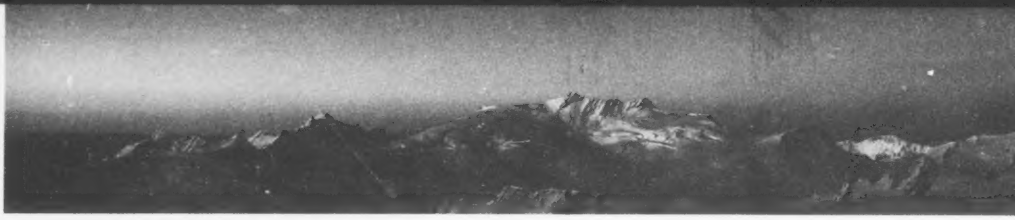


Tableau des dépenses estimatives d'Environnement Canada pour le Nord. Ces dépenses sont difficilement à chiffrer avec exactitude, nombre de services ou programmes exécutés dans le Nord n'étant pas spécifiques à cette région, mais étant considérés comme des prolongements de services ou programmes nationaux.



SERVICES ET RÉSEAUX DU SMC DANS LE NORD

Le Service météorologique du Canada (SMC) fournit des services vitaux à base scientifique aux collectivités nordiques, entre autres des prévisions météorologiques, des avertissements et avis, des informations sur les glaces et la lisière des floes, des relevés hydrologiques, la surveillance du climat et la diffusion des informations.

Ces services sont basés sur des réseaux d'observation et de surveillance terrestres, des technologies de pointe de surveillance de l'environnement, des postes de travail de prévisionniste utilisant des modèles de prévisions météorologiques d'avant-garde, et des données satellitaires. Le SMC fournit ces services dans le Nord grâce à une utilisation efficace des technologies par ses météorologistes, et par des partenariats et des efforts coordonnés entre le SMC et les administrations provinciales, territoriales et municipales, ainsi que d'autres services, ministères et organismes du gouvernement fédéral, et l'industrie privée.

Les services que le SMC fournit appuient également ses initiatives de recherche et de développement pour le Nord, ce qui inclut les besoins logistiques des observatoires du Nord, l'établissement de sites de surveillance de l'environnement, et l'appui aux avions de recherche dans le Nord.

Le SMC aide également la communauté internationale de façon importante par des ententes d'échange de données et autres ententes avec l'Organisation météorologique mondiale. Par exemple, les données des stations aérologiques, des bouées arctiques, et des instruments de surveillance du rayonnement solaire et de l'ozone stratosphérique du SMC sont essentielles pour la surveillance météorologique et environnementale aux grandes latitudes de l'hémisphère Nord.

Instruments AWOS à l'observatoire de l'Extrême-Arctique d'Alert, NU

Observatoires météorologiques de l'Extrême-Arctique

Photo de Janice Lang, RDDC

Lancement d'une sonde à ozone à Alert, NU

Le SMC exploite deux stations d'observations météorologiques dans l'Extrême-Arctique, l'une à Eureka et l'autre à Alert, deux collectivités de l'île d'Ellesmere au Nunavut. Ces observatoires sont exploités en partenariat avec le ministère de la Défence nationale (MDN). Les huit employés à Eureka et les trois employés d'Alert font des sondages aérologiques deux fois par jour et sont responsables de la collecte régulière des données. Le personnel de la station météorologique de l'Extrême-Arctique (SMEA) fournit les données météorologiques de base, et joue également un rôle critique dans les observations météorologiques et atmosphériques concernant l'Arctique qui alimentent la recherche scientifique sur des problèmes comme le réchauffement planétaire et l'appauvrissement de la couche d'ozone. La SMEA appuie aussi une grande variété de partenaires et de clients, comme le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (EMR) et l'Étude du plateau continental polaire (EPCP). De nombreuses expéditions nordiques entreprises par des groupes venant du monde entier comptent également sur l'appui de ces stations.

Au cours de l'été 2004, le SMC a commencé à Eureka la construction d'une installation d'administration et d'hébergement de deux étages, qui devrait être terminée vers la fin de 2005. Le nouveau complexe remplacera l'immeuble actuel, qui date des années 1960. Cette nouvelle installation augmentera la capacité de travail dans de nombreux domaines de recherche et d'autres opérations dans l'Extrême-Arctique au Canada.

Prévisions météorologiques et vulgarisation

Des populations clairsemées, des défis de communication et le besoin de services en inuktitut et d'autres langues rendent la fourniture de services météorologiques particulièrement difficile dans le Nord. Le SMC veille à ce que les habitants du Nord reçoivent des informations météorologiques à jour pour prendre des décisions informées concernant leur santé et leur sécurité, ainsi que pour leur prospérité économique. Compte tenu des difficultés inhérentes à la diffusion des informations météorologiques dans l'Arctique, le SMC continue de développer les relations de travail avec les médias, les autres gouvernements, les organisations non gouvernementales et l'industrie pour fournir ce service. C'est un processus permanent qui évolue continuellement pour répondre aux besoins des Canadiens du Nord, de l'aviation et du transport maritime.

Dans le Nord, les informations météorologiques sont diffusées par des répondeurs téléphoniques (ATAD), Radio Météo, les médias (journaux, radio et télévision, dont Radio-Canada et TVNC), et par l'intermédiaire du site Web du « *Bureau météorologique* » du SMC (**http://weatheroffice.ec.gc.ca/canada_f.html**). Ce site Web offre aux Canadiennes et aux Canadiens un accès en ligne aux services météorologiques régionaux que voici :

- Prévisions météorologiques à court terme et à long terme (y compris le temps actuel, les prévisions météorologiques sur 5 jours et les prévisions saisonnières à long terme)
- Avertissements et avis météorologiques, ainsi que déclarations météorologiques spéciales
- Données sur le temps/climat passés

Dans le Nord canadien, les régions de prévisions météorologiques destinées au grand public sont définies par des noms de collectivités ainsi que des noms géographiques ou traditionnels bien connus, pour refléter les divisions traditionnelles plus petites. Le SMC fournit au réseau Radiométéo et aux répondeurs téléphoniques du Nunavut des messages vocaux synthétisés en inuktitut sur les conditions météorologiques du moment. Sur demande, les porte-parole du SMC accordent également des entrevues radiophoniques pour expliquer les phénomènes météorologiques inhabituels et font des revues climatologiques mensuelles pour les médias. Les Centres de prévision des tempêtes diffusent cette information dans tout le pays. Environnement Canada a également un certain nombre de services d'abonnement aux images des radars météorologiques et aux images satellitaires.

Dangers du refroidissement éolien

Refroidissement éolien	Description	Danger pour la santé
0 à -9	Faible	• Le refroidissement éolien augmente un peu l'inconfort.
10 à -24	Modéré	• Inconfortable. • La peau exposée ressent le froid. • Risque d'hypothermie si à l'extérieur pendant de longues périodes.
-25 à -44	Élevé	• Risque de gel de la peau (gelure grave). • Surveillez tout engourdissement ou blanchissement de la figure, des doigts, des orteils, des oreilles ou du nez. • Risque d'hypothermie si à l'extérieur pendant de longues périodes.
-45 à -59	Extrême	• Quelques minutes suffisent pour geler la peau exposée. • Sérieux risque d'hypothermie si à l'extérieur pendant de longues périodes • Surveillez tout engourdissement ou blanchissement de la figure, des doigts, des orteils, des oreilles ou du nez. • Se préparer à annuler ou à raccourcir les activités extérieures.
-60 et valeurs plus importantes	Extrême	DANGER! • Les conditions extérieures sont dangereuses. • La peau exposée peut geler en moins de 2 minutes

La carte de refroidissement éolien du SMC

Le SMC améliore les services météorologiques dans le Nord en introduisant un nouveau programme de veille de tempête hivernale qui fournira aux habitants du Nord une meilleure notification préalable de temps violent. Au printemps 2005, le SMC réorganisera les régions actuelles de prévisions destinées au grand public afin d'améliorer la précision des prévisions quotidiennes dans un certain nombre de collectivités des Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut.

Le SMC produit aussi des prévisions maritimes et pour l'aviation pour les régions arctiques et du Nord. Les prévisions météorologiques pour l'aviation sont émises des deux Centres météorologiques de l'aviation du SMC pour Nav Canada. Cette information et l'information météorologique actuelle sont accessibles sur le site Web de Nav Canada, **www.flightplanning.navcanada.ca**

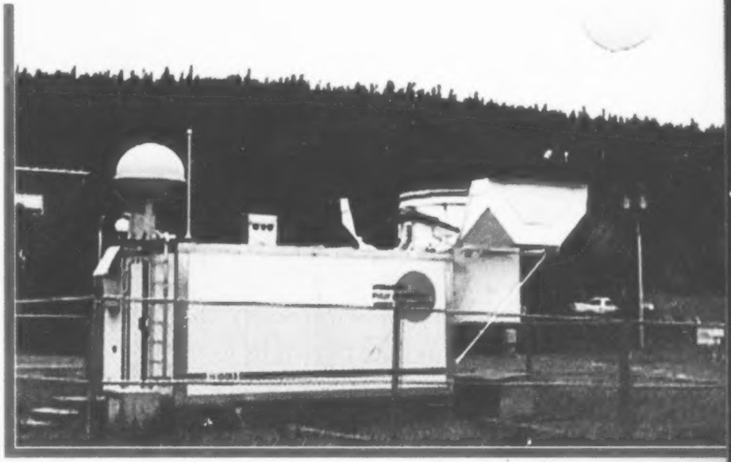
Le SMC utilise aussi le système de communication maritime de la Garde côtière canadienne pour diffuser les prévisions météorologiques et des glaces aux marins en mer dans le Nord. En outre, le SMC fournit à la Garde côtière canadienne des prévisions météorologiques et sur les glaces spécialisées pour ses opérations en brise-glace.

Pour assurer la sécurité et le bien-être des habitants du Nord et aider l'aviation publique et l'industrie du Nord à fonctionner de façon efficace, le SMC dispose dans le Nord de programmes spéciaux de sensibilisation et de préparation aux alertes. Les Régions du SMC sont également actives dans la distribution du matériel de vulgarisation. Par exemple, en coopération avec le ministère de l'Éducation, la Région du Pacifique et du Yukon du SMC a distribué la nouvelle carte de refroidissement éolien en format de poche à chaque enfant d'âge scolaire du Yukon, dans l'espoir de réduire les gelures chez les jeunes. Le programme *Météo à l'œil* est maintenant accessible sur l'Internet à tous les enseignants du Nord et, dans les années à venir, on prévoit y exposer des aspects particuliers de la météorologie du Nord.

Bureau de prévision météorologique du SMC pour la Région du Québec – Nord du Québec

Réseaux d'observation météorologique

Les éléments météorologiques critiques comme la température, les précipitations et la vitesse du vent sont observés en temps réel pour fournir au public des prévisions et des avertissements à jour exacts, ce qui est un défi de taille dans le Nord du Canada parce que les distances entre les sites d'observation sont très grandes. L'utilisation de données satellitaires ne peut que compenser partiellement la rareté des données recueillie à la surface du sol.



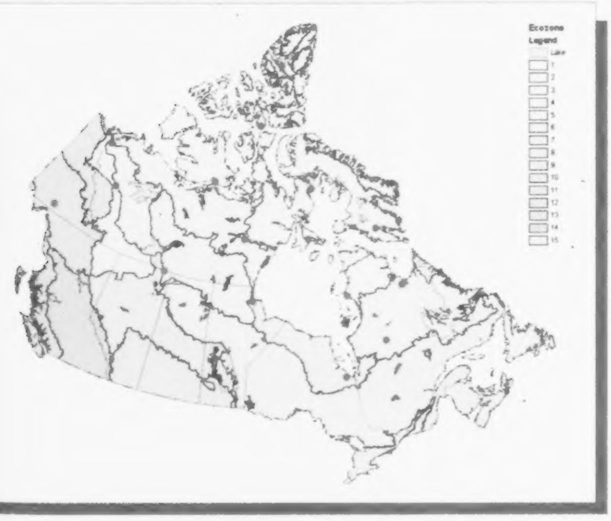
Lanceur automatisé de radiosondes à la station aérologique de Whitehorse, au territoire du Yukon.

Dans le Nord, le SMC gère le **Réseau d'observation aérologique,** le **Réseau d'observation météorologique de surface,** le **Réseau canadien de détection de la foudre** et le **Réseau maritime**. Le SMC fait également partie intégrante du **Réseau d'observation météorologique pour l'aviation** de NAV CANADA. Tous ces réseaux appuient la production des prévisions et des alertes météorologiques à l'intention du grand public, des prévisions maritimes et des prévisions pour l'aviation. Ils fournissent également des données pour les études climatologiques et une vaste gamme d'applications environnementales.

Ces réseaux nationaux sont gérés par la Direction générale de l'observation atmosphérique et des relevés hydrométriques (DGOARH). Les Divisions de la surveillance de l'atmosphère des cinq Régions du Canada en gèrent l'installation, l'inspection, l'entretien et l'exploitation.

RÉSEAU D'OBSERVATION AÉROLOGIQUE

Le Réseau aérologique exploite 31 stations dans tout le Canada, dont 17 se trouvent dans le Nord. Le SMC est le propriétaire des installations à chacun des sites aérologiques, mais les sondages sont effectués sous contrat à plusieurs d'entre eux. Les données du Réseau aérologique sont un intrant critique pour la prévision météorologique numérique, les prévisions du climat et de la qualité de l'air, et sont utiles pour valider les données transmises par les satellites.



Réseau aérologique du SMC pour le nord du Canada

Les données aérologiques comprennent des mesures de la pression barométrique, de la température, de l'humidité, et de la vitesse et de la direction du vent (et peuvent inclure le rayonnement, l'ozone et des polluants).

Les sources de données aérologiques comprennent les radiosondes, les satellites, les stations météorologiques terrestres et les profileurs de vent. À l'heure actuelle, les radiosondes sont les principales sources de données aérologiques. Une radiosonde contient des capteurs et est lancée dans l'atmosphère au moyen d'un ballon rempli d'hydrogène ou d'hélium. Le réseau lance des radiosondes

deux fois par jour à 0000 UTC et à 1200 UTC à chacun de ses sites. Le SMC diffuse ses données au Canada et à l'étranger grâce à des programmes comme le Système mondial d'observation du climat (SMOC).

Le Réseau aérologique appuie également une grande diversité de partenaires et de clients comme le ministère de la Défense nationale (MDN), le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (EMR) et l'Étude du plateau continental polaire (EPCP).

Programme canadien de retransmission des données météorologiques d'aéronefs (AMDAR)

Depuis avril 2000, le Service météorologique du Canada s'occupe à élaborer le Programme canadien de retransmission des données météorologiques d'aéronefs (AMDAR) pour étendre son Réseau d'observation aérologique. Le SMC est en train de créer des partenariats avec les transporteurs aériens canadiens. Le but du programme est de doter les aéronefs commerciaux d'instruments d'observation, de collecte et de transmission automatiques de données aérologiques en vue d'améliorer les prévisions et les avertissements météorologiques dans le Nord.

L'élaboration de ce programme pour les régions nordiques et arctiques du Canada a été un défi formidable parce que les transporteurs aériens qui desservent ces régions exploitent des flottes mixtes d'anciens aéronefs et de systèmes d'avionique, ce qui rend difficile les communications en temps réel. Malgré ces problèmes, le Service météorologique du Canada a élaboré deux systèmes probatoires basés sur les communications par satellite et l'Internet – un chacun pour First Air et Canadian North, les deux plus importants transporteurs aériens desservant les collectivités nordiques.

On commencera à tester le système en janvier 2005. Les scientifiques procéderont au réglage des systèmes AMDAR afin que la qualité des données soit conforme aux normes du réseau aérologique existant. Si les tests se déroulent comme prévu, le SMC équipera la flotte de cinq Boeing 737 de Canadian North Airlines de systèmes AMDAR en mars 2005, et les 15 aéronefs de la flotte de First Air d'ici mars 2006.

Les systèmes AMDAR transmettront automatiquement (dans toutes les phases de vol, c.-à-d. montée, en route et descente) la latitude et la longitude de l'aéronef, la date et l'heure de l'observation, la pression, la température, et la vitesse et la direction du vent. De plus, les systèmes installés sur la flotte First Air pourront mesurer et transmettre l'humidité relative, la turbulence et le givrage.

deux fois par jour à 0000 UTC et à 1200 UTC à chacun de ses sites. Le SMC diffuse ses données au Canada et à l'étranger grâce à des programmes comme le Système mondial d'observation du climat (SMOC).

Le Réseau aérologique appuie également une grande diversité de partenaires et de clients comme le ministère de la Défense nationale (MDN), le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (EMR) et l'Étude du plateau continental polaire (EPCP).

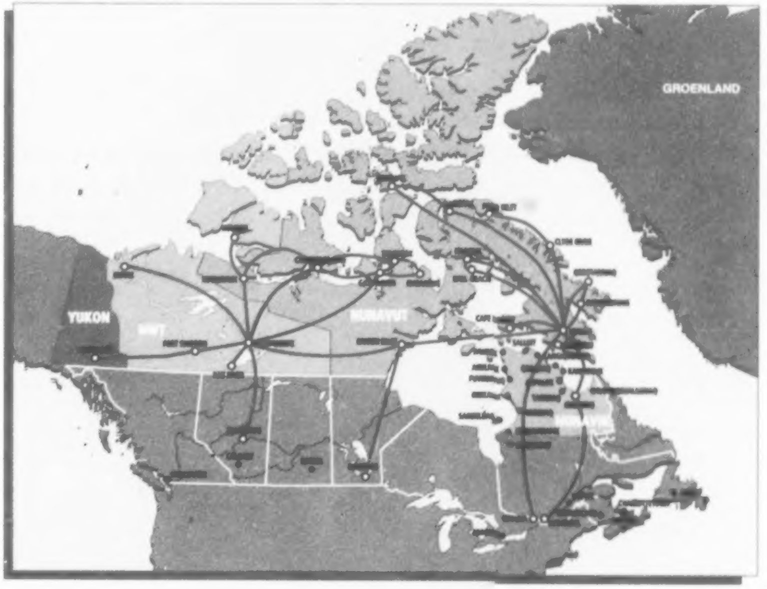
Programme canadien de retransmission des données météorologiques d'aéronefs (AMDAR)

Depuis avril 2000, le Service météorologique du Canada s'occupe à élaborer le Programme canadien de retransmission des données météorologiques d'aéronefs (AMDAR) pour étendre son Réseau d'observation aérologique. Le SMC est en train de créer des partenariats avec les transporteurs aériens canadiens. Le but du programme est de doter les aéronefs commerciaux d'instruments d'observation, de collecte et de transmission automatiques de données aérologiques en vue d'améliorer les prévisions et les avertissements météorologiques dans le Nord.

L'élaboration de ce programme pour les régions nordiques et arctiques du Canada a été un défi formidable parce que les transporteurs aériens qui desservent ces régions exploitent des flottes mixtes d'anciens aéronefs et de systèmes d'avionique, ce qui rend difficile les communications en temps réel. Malgré ces problèmes, le Service météorologique du Canada a élaboré deux systèmes probatoires basés sur les communications par satellite et l'Internet – un chacun pour First Air et Canadian North, les deux plus importants transporteurs aériens desservant les collectivités nordiques.

On commencera à tester le système en janvier 2005. Les scientifiques procéderont au réglage des systèmes AMDAR afin que la qualité des données soit conforme aux normes du réseau aérologique existant. Si les tests se déroulent comme prévu, le SMC équipera la flotte de cinq Boeing 737 de Canadian North Airlines de systèmes AMDAR en mars 2005, et les 15 aéronefs de la flotte de First Air d'ici mars 2006.

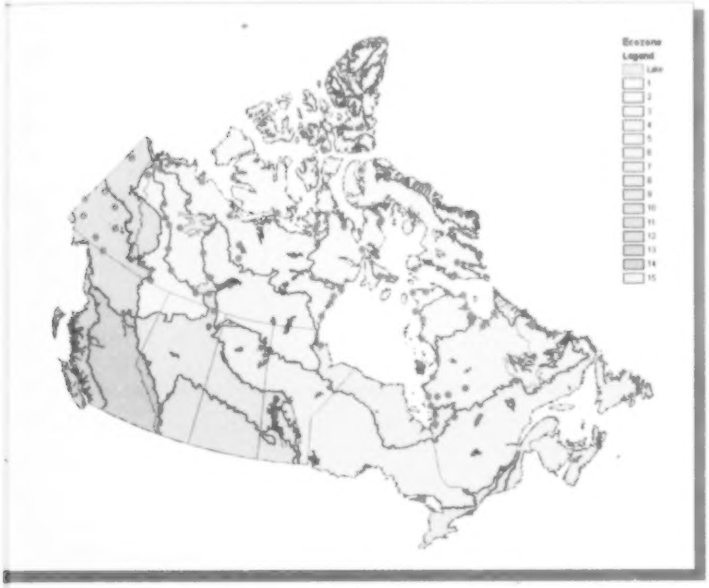
Les systèmes AMDAR transmettront automatiquement (dans toutes les phases de vol, c.-à-d. montée, en route et descente) la latitude et la longitude de l'aéronef, la date et l'heure de l'observation, la pression, la température, et la vitesse et la direction du vent. De plus, les systèmes installés sur la flotte First Air pourront mesurer et transmettre l'humidité relative, la turbulence et le givrage.



Trajectoires de vol AMDAR

RÉSEAU D'OBSERVATION MÉTÉOROLOGIQUE DE SURFACE

Le réseau d'observation météorologique de surface est une source de données pour les prévisions et les alertes ou avertissements de temps violent. Ces données proviennent du réseau pour l'aviation et du réseau d'observation aérologique, des bouées et des navires.



Pour produire les prévisions météorologiques destinées au grand public, les météorologistes ont besoin de mesures horaires de la température de l'air, du point de rosée, de la pression, de l'occurrence, du type et de la quantité des précipitations, de la visibilité, du type et de la quantité des nuages, de la présence de nuages cumuliformes, de la vitesse et de la direction du vent, et de l'intensité et de la tendance des précipitations. Les météorologistes ont également besoin de mesures des paramètres suivants à intervalles de trois heures au plus : la nébulosité, l'épaisseur de la neige, la couverture nivale, la couverture de glace, la température minimale sur gazon et la température de l'eau (quand il y a lieu). Pour produire les prévisions dans le Nord, les prévisionnistes utilisent des modèles informatiques, des données satellitaires et des photos prises par des satellites en orbite polaire.

Stations habitées du réseau météorologique public de surface du SMC pour le nord du Canada.

RÉSEAU D'OBSERVATION MÉTÉOROLOGIQUE EN SURFACE POUR L'AVIATION

En vertu d'un contrat avec NAV CANADA, le SMC fournit un appui direct aux observations météorologiques pour l'aviation, ce qui comprend l'installation, l'étalonnage et l'entretien de l'équipement météorologique, et l'appui à l'infrastructure de transmission des observations météorologiques,

Les données pour l'aviation comprennent des observations régulières de la vitesse et de la direction du vent, de la température de l'air et du point de rosée, de la visibilité, de la nébulosité, du type et de la hauteur de la base, des conditions météorologiques présentes, y compris les conditions de givrage et de congélation, du calage altimétrique et de la pression au niveau moyen de la mer et, à des sites particuliers, de la portée visuelle de piste. Ces données sont essentielles pour produire les prévisions pour l'aviation et les breffages.

Stations automatisées du réseau météorologique public de surface pour le nord du Canada.

Stations météorologiques automatiques

Stations automatiques d'observation météorologique du SMC pour le nord du Canada.

En vertu d'un contrat avec NAV CANADA, le SMC possède et exploite des stations météorologiques automatiques (AWOS) dans le nord du Canada. Ces stations recueillent des données qui sont essentielles pour produire les prévisions pour l'aviation. Les systèmes automatiques du Nord sont rentables et pratiques en raison des conditions environnementales rigoureuses, et de la rareté relative des installations et du personnel dans le Nord. Aux stations avec personnel, les données des AWOS aident l'observateur à évaluer et à signaler les observations météorologiques du moment, et fournissent des observations quand il n'y a pas de personnel.

Une AWOS mesure la vitesse du vent, la température de l'air et du point de rosée, la visibilité, l'occurrence de précipitations, la nébulosité, le type et la hauteur de la base des nuages, les conditions météorologiques présentes, y compris les conditions de givrage et de congélation, le calage altimétrique et la pression au niveau moyen de la mer. En plus de ses AWOS pleine capacité, le SMC possède et exploite deux LWIS (stations météorologiques à information limitée) pour les besoins de l'aviation. Ces stations ne fournissent que la vitesse du vent, la température, le point de rosée et la pression (calage altimétrique).

Le Centre météorologique canadien (CMC) du SMC, à Dorval (Québec), formate toutes les données pour l'aviation selon les normes nationales et internationales. Le CMC diffuse ces données mondialement à l'intention des pilotes, des spécialistes d'information de vol, des présentateurs météo pour l'aviation et des prévisionnistes pour l'aviation.

Instruments météorologiques à l'observatoire de l'Extrême-Arctique d'Eureka, NU

Site du SMC d'essai sous conditions météorologiques de surface dans l'Arctique

La Direction générale de l'observation atmosphérique et des relevés hydrométriques (DGOARH) est en train d'établir une installation nationale d'essai à Iqaliut (Nunavut). L'objectif principal de cette installation sera d'évaluer la performance d'instruments et de systèmes de météorologie de surface et d'algorithmes de traitement connexes dans des conditions arctiques « rigoureuses ». L'évaluation de la performance est cruciale pour obtenir une gestion efficace des réseaux météorologiques terrestres d'observation et de surveillance : réseaux météorologiques publics, réseaux d'observation météorologique en surface pour l'aviation, Réseau climatologique de référence canadien et Système mondial d'observation du climat.

Instruments météorologiques du SMC utilisés dans le rude environnement du Nord canadien.

L'Organisation météorologique mondiale recommande d'évaluer les instruments et les systèmes dans des conditions représentatives de leur environnement opérationnel, et durant tout leur cycle de vie afin de garantir la qualité des données fournies aux collectivités utilisatrices. Les évaluations effectuées à cette installation d'essai contribueront à améliorer le contrôle de la qualité des données météorologiques et d'obtenir une gestion plus efficace des coûts durant le cycle de vie (p. ex., par le choix d'instruments ayant des taux de défaillance faibles dans des environnements arctiques). L'installation offrira également au personnel la possibilité de tester les nouvelles technologies avant de les déployer dans le réseau, ce qui minimisera ou éliminera l'introduction d'un biais dans les ensembles de données actuels.

Dans l'ensemble, cette installation d'essai créera des conditions qui permettront au SMC d'utiliser efficacement les technologies de surveillance dans ses programmes et les services qu'il offre dans le Nord. Cela aura pour effet d'améliorer les services offerts aux collectivités nordiques et améliorera la capacité de prévoir avec précision la variabilité du climat et le changement climatique. La collectivité météorologique internationale aura également accès au site d'essai d'Iqaluit. Le *National Weather Service* (NWS) des États-Unis et le *National Centre for Climate Data* se sont montrés véritablement intéressés à utiliser l'installation pour tester leurs technologies de surveillance.

Le premier projet de coopération commencera en janvier 2005; le NWS prévoit tester à ce moment ses anémomètres insensibles à la glace.

RÉSEAU CANADIEN DE DÉTECTION DE LA FOUDRE

Les données sur la foudre sont d'importance critique pour une vaste gamme d'opérations sensibles aux fluctuations du courant de secteur ou aux impacts directs de la foudre. Elles sont particulièrement importantes pour la gestion des forêts, notamment en ce qui concerne les feux de forêt. Le SMC exploite 23 stations de détection de la foudre dans le nord du Canada. Le Réseau canadien de détection de la foudre (RCDF) fournit des données pour les prévisions météorologiques, la recherche sur le temps violent et les opérations de l'aviation. Ses clients sont entre autres les compagnies d'électricité, les responsables de la conservation, les grands planificateurs d'infrastructures, l'industrie des communications et les hôtes d'événements publics en plein air.

Dans le Nord, le RCDF dessert une moins grande partie du paysage comparativement aux latitudes plus au sud. Le réseau couvre adéquatement la plupart du Territoire du Yukon, du Labrador et de la moitié sud de la vallée du Mackenzie. Toutefois, la moitié nord boisée de la vallée du Mackenzie, les toundras de Kitikmeot (côte de la baie d'Hudson) et le nord du Québec ne sont pas couverts. Il y a risque occasionnel de foudre et d'orage dans ces régions.

Le RCDF détecte et signale les décharges électriques nuage-nuage ainsi que les décharges nuage-sol. Les éclairs sont détectés et signalés en temps réel, et les données sont archivées. Les données sont transmises par satellite au centre de contrôle où elles sont traitées pour déterminer le lieu et l'intensité des éclairs. Cette information est transmise aux Centres de prévision des tempêtes d'Environnement Canada. Il s'écoule environ de 30 à 40 secondes entre la détection des éclairs par les capteurs jusqu'à l'affichage sur l'écran du poste de travail du prévisionniste.

Stations du réseau canadien de détection des éclairs du SMC pour le nord du Canada

Site du Réseau canadien de détection des éclairs. On voit le capteur IMPACT et l'antenne parabolique servant à détecter les éclairs.

RÉSEAUX DE SURVEILLANCE MARITIME

Navires d'observation bénévole et navires d'observation automatique bénévole

Les Régions du SMC participent au programme de bouées du Système d'acquisition de données océaniques (SADO), au programme des navires d'observation bénévole (VOS) et au programme des navires d'observation automatique bénévole (AVOS). Ces programmes fournissent des observations maritimes essentielles concernant le Grand lac des Esclaves, le Mackenzie, la mer de Beaufort et les eaux arctiques comme la baie de Baffin et la baie d'Hudson.

Les observations météorologiques des VOS contribuent à la sécurité maritime et à l'efficacité des opérations maritimes. Elles sont également essentielles comme données d'entrée pour les modèles de prévision météorologique numérique, les prévisions météorologiques opérationnelles et l'élaboration de bases de données historiques. Elles fournissent également des connaissances sur les climats de l'océan et les liens entre les océans et les régimes climatiques planétaire et régionaux.

Les observations des VOS comprennent les conditions météorologiques présentes et passées, la direction et la vitesse du vent, la nébulosité, le type des nuages, la hauteur de la base des nuages, la visibilité, la température, l'humidité, la pression atmosphérique, le cap et la vitesse du navire, la température de la mer, la direction de déplacement des vagues, la période des vagues, la hauteur des vagues, et la présence de glaces de mer et/ou de givre sur la superstructure du navire, s'il y a lieu.

Les (A)VOS du SMC sont choisis parmi les navires de la Garde côtière canadienne (GCC) et ceux de Northern Transportation Co Ltd. (NTCL). Dans la Région des Prairies et du Nord, le SMC utilise trois navires de la Garde côtière et quatre remorqueurs de NATCL pour recueillir ces données.

Tous les rapports des navires d'observation bénévole pour l'année 2000.

Programme de bouées SADO d'Environnement Canada pour le Nord

Le Système d'acquisition de données océaniques (SADO) d'Environnement Canada est en importance le deuxième programme de bouées national au monde. Il comporte 46 bouées automatiques ancrées (dont trois se trouvent dans l'Arctique) et jusqu'à 20 bouées dérivantes.

Avec l'aide de la Garde côtière canadienne, le SMC installe chaque année deux bouées sur le Grand lac des Esclaves, pour toute la saison d'eaux libres. Le SMC a également une bouée au large de Churchill durant la saison d'eaux libres pour la navigation.

Les bouées mesurent généralement la vitesse du vent, la direction du vent, la vitesse maximale du vent, la pression atmosphérique, la température de l'air, la température de surface de la mer, la période des vagues océaniques; la hauteur significative des vagues, la hauteur maximale des vagues et le spectre non directionnel des vagues, les fonctions de service et des diagnostics de capteurs. Elles transmettent des données horaires par l'intermédiaire du GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) et/ou du système Argos. Les données sont affichées sur le système de transmission mondial.

Bouées sur glace de collecte de données dans le bassin de l'Arctique

Le SMC contribue à la collecte de données météorologiques sur le bassin de l'Arctique en participant à l'International Arctic Buoy Programme (IABP). Annuellement, le SMC fournit une bouée à l'exercice de déploiement international White Trident. En tout, l'exercice White Trident largue sept bouées sur la glace du bassin de l'Arctique. Ces bouées sont fournies par les gouvernements qui ont des intérêts nordiques (c.-à-d. Canada, États-Unis, Allemagne, Norvège, etc.). Dans une opération de déploiement printanière annuelle dirigée à partir d'Eureka, le SMC (avec l'aide de l'Étude du plateau continental polaire) déploie également une ou deux bouées de collecte de données pour les participants américains à l'IABP en faisant atterrir un Twin Otter sur la glace.

Le SMC déploie des bouées de collecte de données dans le bassin de l'Arctique pour appuyer d'autres institutions comme l'Institut des sciences de la mer. De plus, il extrait, traite et diffuse mondialement ces données. Les données standard recueillies par une bouée comprennent la position ainsi que la température et la pression atmosphériques.

Bouées sur glace de collecte de données du SCG

Le Service canadien des glaces (SGC) déploie régulièrement au moins une bouée dans le nord de la baie Baffin sur un floe pluri-annuel. Le dernier brise-glace à quitter l'Arctique canadien pour la saison déploie généralement cette bouée, qui fournit des données de position et, dans certains cas, de pression.

Le SCG aide souvent les activités de recherche dans le Nord. Par exemple, il a fourni plusieurs bouées de collecte de données de position à la CASES (Canadian Arctic Shelf Exchange Study) pour la période de la débâcle, au début de l'été 2004. Cette information a été utilisée pour le déploiement du golfe d'Amundsen afin de valider un algorithme de détermination du mouvement des glaces en cours d'élaboration par l'université du Manitoba et le Service canadien des glaces.

Bouée dérivante CES Zeno mouillée par l'US National Ice Service le 23 mars 2000

Glace

La glace de mer joue un rôle crucial dans le mode de vie traditionnel des collectivités côtières de l'Arctique. Elle est également un obstacle important et un danger pour la navigation maritime. Dans les activités nordiques, il est essentiel de disposer d'une information à jour sur la glace de mer afin de pouvoir utiliser celle-ci de façon sûre pour la chasse, les transports, le tourisme et les activités récréatives. Le Service canadien des glaces (SCG) du SMC est présent dans le Nord canadien depuis plus de quarante ans. Son mandat est de surveiller et de signaler, toute l'année, les conditions glacielles dans les eaux côtières canadiennes. Le SCG utilise des satellites et ses aéronefs pour surveiller les glaces sur une base régulière.

NAVIGATION DANS L'ARCTIQUE

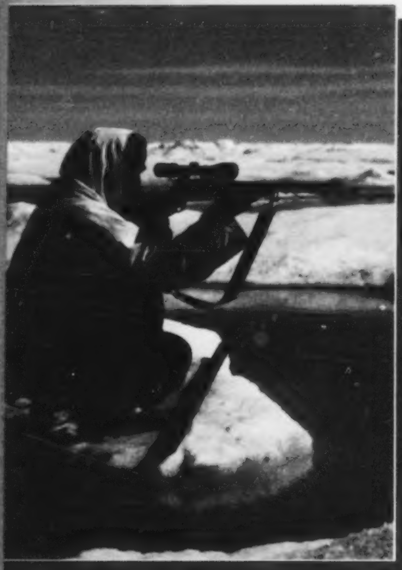
Des moyens de transport maritime efficaces et sûrs sont très importants pour la viabilité et le développement des collectivités nordiques. Étant donné que la glace de mer est un danger important pour la navigation, l'information sur son état et sa distribution est d'importance cruciale pour les opérations maritimes dans l'Arctique. La DSMG (ou le SCG, si tel est notre choix) fournit un service d'information sur les glaces au public et aux collectivités maritimes pour garantir une utilisation sûre et durable des voies navigables de l'Arctique. De plus, grâce à une entente avec la Garde côtière canadienne (MPO), le SGC fournit une information additionnelle sur les glaces pour les opérations des brise-glace et le routage détaillé des navires dans les glaces. Ce service intégré fournit des cartes des glaces, des avertissements de conditions glacielles dangereuses, des prévisions sur 30 jours des conditions des glaces, et des prévisions saisonnières de débâcle et de prise de la glace.

Brise-glace de la Garde côtière canadienne dans le Nord canadien – avec l'aimable autorisation de la Garde côtière canadienne

ACQUISITION DE DONNÉES SUR LES GLACES

Le Service canadien des glaces recueille annuellement de vastes quantités de données sur les glaces et les icebergs, qui proviennent surtout de sources éloignées (satellites, avions de reconnaissance et navires). Les données de télédétection sont au cœur des données utilisées pour générer les produits quotidiens d'information sur les glaces. Les données SAR de RADARSAT sont les principales données de télédétection utilisées dans l'analyse et la préparation des cartes des glaces et d'autres produits d'information sur les glaces. Le SCG fait annuellement l'acquisition d'environ 4 000 scènes RADARSAT..Autres données et informations : données météorologiques (température, vent, etc.), informations océanographiques (courants, données bathymétriques, etc.), champs de modèles numériques des glaces (déplacements/trajectoires, concentrations, courants/température océaniques, vents et température de l'air, etc.), données climatologiques et cartes antérieures des glaces.

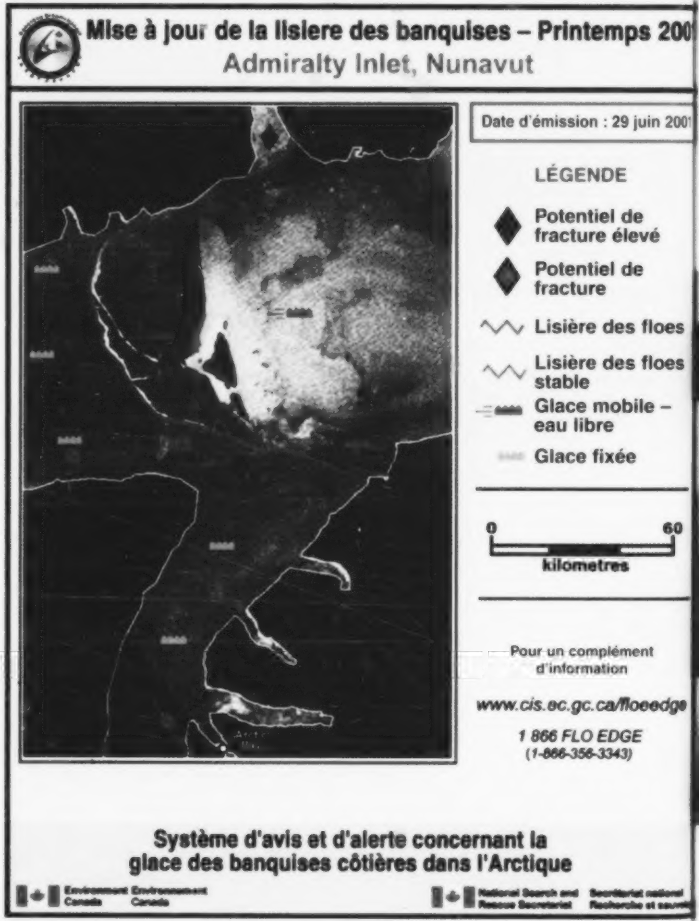
AVIS SUR LA LISIÈRE DES FLOES



Dans de nombreuses collectivités de l'Arctique, la destination printanière la plus populaire est la lisière des floes, point de rencontre de la banquise côtière et de l'océan. Les animaux sauvages marins de l'Arctique convergent vers la lisière des floes au printemps, ce qui attire les touristes, les chasseurs et les campeurs de week-end. Au printemps, les conditions météorologiques et glacielles font que la lisière des floes est l'un des endroits les plus dangereux du paysage glacé. Des gens se sont retrouvés à la dérive sur des blocs de glace qui se sont inopinément détachés, ce qui exige fréquemment des opérations de recherche et de sauvetage dangereuses et onéreuses.

Le Service canadien des glaces (SCG) du MSC, avec l'appui du Secrétariat national de recherche et de sauvetage, a élaboré un prototype d'avis sur la lisière des floes qui fournit quotidiennement en ligne une information sur les glaces à deux collectivités du Nunavut, celles d'Arctic Bay et de Pond Inlet. Ces deux collectivités utilisent activement la lisière des floes au printemps.

À l'aide de modèles des glaces et d'images satellitaires, le SCG fournit toute l'année sur l'Internet des informations personnalisées pour les activités sur la lisière des floes. Grâce au SCG, les habitants du Nord ont accès en ligne à des images satellitaires et des informations à jour sur la résistance des glaces, la température, les marées et les vents. Combinée au savoir traditionnel, cette information donne aux collectivités un plus grand sentiment de sécurité et minimise leurs risques.



Spécimen d'élément de mise à jour de bordure de floe diffusé aux collectivités du Nord qui utilisent beaucoup les bordures de floes des glaces de printemps.

PRODUITS SUR LES GLACES DE MER ET ARCHIVES DE DONNÉES CLIMATOLOGIQUES

Dans les mois d'été, le Service canadien des glaces produit quotidiennement des bulletins et des cartes sur les conditions glacielles dangereuses pour l'Arctique canadien, y compris la baie d'Hudson. Des cartes des glaces régionales sont produites sur une base hebdomadaire durant l'été et mensuelle durant l'hiver. Cette information est disponible au site Web du SCG à l'adresse **http://ice-glaces.ec.gc.ca**. Également, le SCG transmet automatiquement des données à divers clients par courriel, fax et FTP. D'avril 2002 à mars 2003, le SCG a transmis automatiquement plus de 1,3 million de produits sur les glaces et produits connexes.

Le SCG archive les données historiques sur les glaces de mer pour l'industrie et les chercheurs canadiens. L'un des principaux buts de ces archives est de documenter les études sur les conditions glacielles passées, présentes et futures du Nord canadien. Le SGC produit également diverses publications, dont un « Atlas annuel de l'Arctique » et un « Atlas climatique des glaces de mer – Eaux du Nord canadien – 1971-2000 », établis à partir de sa base de données de cartes numériques.

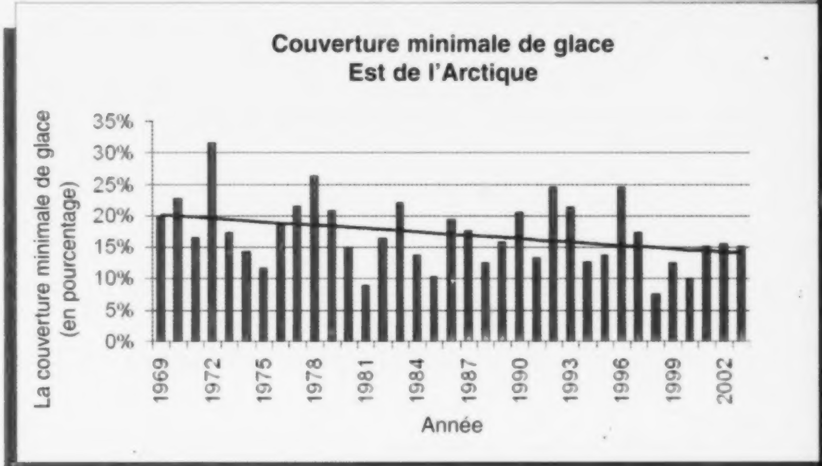


Tableau établi par le Service canadien des glaces du SMC et indiquant la couverture minimale de glace (en pourcentage) pour l'Arctique oriental pour 1969-2003.

Eau

RELEVÉS HYDROLOGIQUES

La Division des relevés hydrologiques (DRH) exploite un réseau de 94 stations hydrométriques couvrant le Yukon, les Territoires du Nord-Ouest et le Nunavut. L'objectif de la Division est d'améliorer la disponibilité et la diffusion des données hydrologiques et de garantir l'efficience et l'efficacité des systèmes de surveillance hydrologique, afin de permettre de prendre des décisions éclairées dans des domaines touchant la sécurité de la vie et de la propriété, l'efficience de l'économie et la protection de la qualité de l'environnement. L'information sur les débits est utilisée à l'appui des transports sur les cours d'eau et permet de réagir avec efficacité en cas d'inondation.

Un technicien de la Division des relevés hydrométriques du SMC au travail dans les Territoires du Nord-Ouest.

Les niveaux des marées dans l'Arctique sont régulièrement surveillés.

Dans le Nord canadien, la DRH travaille en partenariat avec les territoires, d'autres ministères et organismes gouvernementaux, et le secteur privé. Dix-sept pour cent des stations hydrométriques nordiques aident le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien (MAINC), et un autre groupe de 17 % des stations répond aux besoins des autres ministères et du secteur privé. Le reste, c'est-à-dire 66 % du réseau, doit répondre aux besoins scientifiques et stratégiques d'Environnement Canada sur les plans régional, national et international. La DRH exploite des stations hydrométriques nordiques dans les cinq Régions, qui couvrent notamment le Territoire du Yukon, les Territoires du Nord-Ouest, le Nunavut, le nord de l'Ontario, le nord du Québec et le Labrador.

Les données recueillies aux sites hydrométriques sont les débits et les niveaux de l'eau, la qualité de l'eau, la température de l'eau, les données utilisées dans les études sur les transports de sédiments, les données météorologiques des systèmes automatiques à information limitée, des échantillons d'isotopes, et l'épaisseur de la neige et de la glace. L'information transmise au réseau est importante pour nous aider à connaître le débit d'eau douce déversé dans la mer, ce qui est crucial pour comprendre les changements actuels et futurs des conditions de la glace de mer arctique.

À l'heure actuelle, le réseau hydrométrique exploité dans les Territoires du Nord-Ouest et au Nunavut a surtout pour but de surveiller le changement climatique, une grande priorité nationale. Ce réseau fait partie du Réseau hydrométrique de référence national à long terme, de l'étude GEWEX (Expérience mondiale sur les cycles de l'énergie et de l'eau) sur le Mackenzie (MAGS), et de l'Étude du système climatique de l'Arctique (ACSYS).

Les données recueillies aux sites hydrométriques fournissent des informations précieuses pour les études sur les impacts du changement climatique sur :

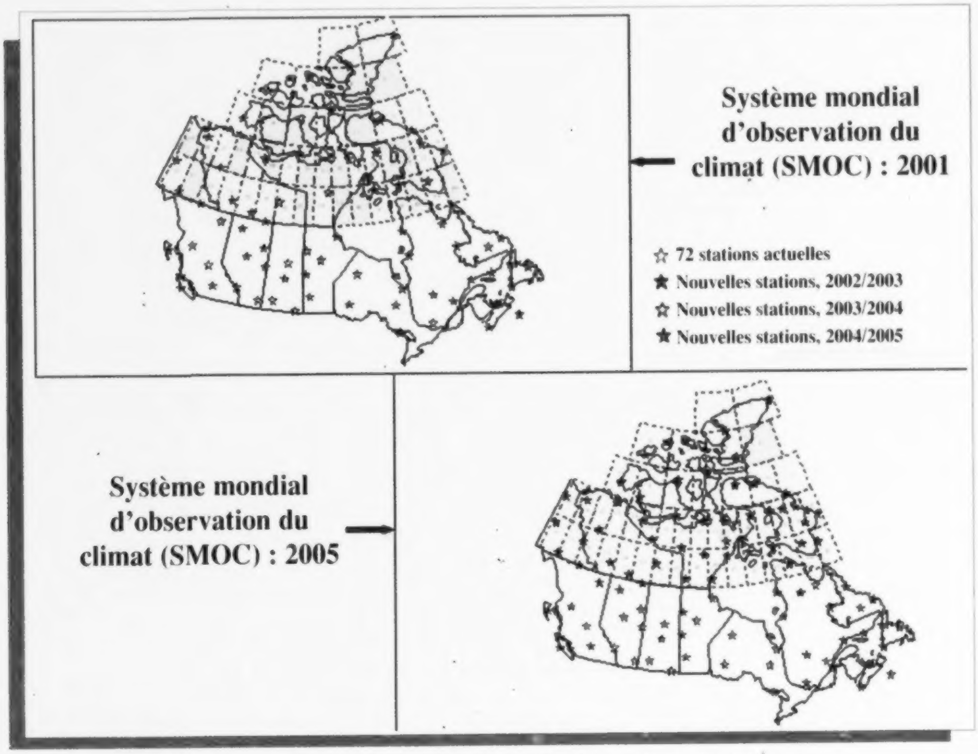
- l'hydrologie nordique
- les écosystèmes nordiques
- la gestion des eaux internationales/transfrontalières
- la gestion des pêches
- les prévisions et les avertissements concernant les inondations
- la gestion des périmètres d'inondation
- la production d'hydroélectricité
- l'approvisionnement en eau
- la pollution
- la navigation
- les loisirs

Climat

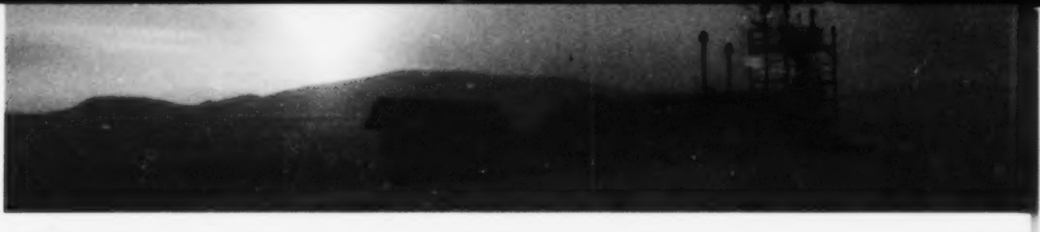
RÉSEAU DE SURFACE DU SYSTÈME MONDIAL D'OBSERVATION DU CLIMAT (GSN)

L'Organisation météorologique mondiale (OMM) a établi un programme international coopératif de surveillance du climat appelé Système mondial d'observation du climat (SMOC). L'objectif de ce programme est d'établir des stations d'observation du climat sur une grille planétaire de mailles de 5 degrés sur 5 degrés. Le Service météorologique du Canada s'est engagé devant l'OMM à établir dans tout le pays un système d'observation du climat à long terme ayant cette couverture spatiale. Grâce à un apport financier important du Fonds d'action pour le changement climatique (FACC), le SMC construira d'ici 2006 des stations là où il en n'existe pas encore dans cette grille.

Dans l'Arctique, la composante canadienne du GSN est constituée de 57 stations météorologiques automatiques (AWOS), stations du Labrador et du Québec incluses. Au cours des prochaines années, il y aura 47 stations rénovées, nouvelles ou modernisées dans tout le Nord. Pour la plupart, ces stations du GSN forment un sous-ensemble du Réseau canadien des stations climatologiques de référence. Le SMC utilise certaines des données des stations de référence pour déterminer les tendances climatiques.



Le SMC modernise son réseau de surface du Système mondial d'observation du climat, qui passera de ses 57 stations actuelles à 140 stations d'ici à 2006. Les stations se situeront dans un quadrillage mondial formé d'éléments de cinq degrés sur cinq.



RECHERCHE

La quatrième Année polaire internationale (2007–2008)

L'Année polaire internationale (API) 2007-2008 est un effort intensif, coordonné à l'échelle internationale, de recherche scientifique interdisciplinaire et d'observations concentrées sur les régions polaires du globe.

La période d'observation officielle de l'API ira de mars 2007 à mars 2009. On se concentrera surtout sur les grandes latitudes terrestres, mais les études dans toute région pertinente pour la compréhension des processus ou des phénomènes polaires seront encouragées. Le Canada a créé un comité directeur national canadien pour l'API afin de stimuler et de coordonner la contribution canadienne à l'API. Le Secrétariat national de l'API se trouve à l'université de l'Alberta. Un groupe de travail ministériel fédéral coordonne les activités du ministère et est coprésidé par le SMC, lequel coordonnera également la participation d'Environnement Canada aux initiatives concernant l'API. Un expert canadien du SMC sera coprésident du comité mixte de planification de l'API.

Le comité mixte de planification du Conseil international pour la séance (CIUS) a défini six thèmes de recherche pour l'API :

1. **État :** Déterminer l'état environnemental actuel des régions polaires.
2. **Changement :** Quantifier et comprendre les changements naturels environnementaux et sociaux passés et présents dans les régions polaires et améliorer les projections de changements futurs.
3. **Liens planétaires :** Faire progresser notre compréhension, à toutes les échelles des liens et des interactions entre les régions polaires et le reste de la planète, ainsi que des processus qui les contrôlent.
4. **Nouvelles frontières :** Examiner les frontières de la science dans les régions polaires.
5. **Point d'observation :** Utiliser le point d'observation unique des régions polaires pour élaborer et améliorer les observations, de l'intérieur de la Terre jusqu'au Soleil et au-delà dans le cosmos.
6. **Dimension humaine :** Étudier les processus culturels, historiques et sociaux qui déterminent la viabilité des sociétés humaines circumpolaires et identifier leurs contributions particulières à la diversité culturelle et à la citoyenneté mondiales.

L'API cherchera à exploiter les nouvelles capacités technologiques et logistiques et à faire des progrès importants dans les connaissances et la compréhension. Elle vise à laisser un héritage de systèmes d'observation nouveaux ou améliorés, d'installations et d'infrastructures, de simulateurs terrestres et de réseaux de recherche, ainsi qu'un degré sans précédent d'accès aux données et à l'information.

Le SMC est en train de préparer des projets qui contribueront à l'effort national et international et porteront sur les thèmes scientifiques et les besoins en observations. Ces initiatives répondent aux besoins scientifiques de l'API et du Canada, et s'occupent des problèmes identifiés dans l'Évaluation des impacts climatiques dans l'Arctique de 2004.

L'atmosphère

SURVEILLANCE DE L'ATMOSPHÈRE À L'OBSERVATOIRE DE L'EXTRÊME-ARCTIQUE DU SMC, À ALERT (NU)

Programme Veille de l'atmosphère du globe

Alert est le site le plus nordique du réseau de Veille de l'atmosphère du globe (VAG) de l'Organisation météorologique mondiale (OMM). Il se trouve à l'extrémité nord-est de l'île d'Ellesmere, au Nunavut, très loin des grandes régions industrielles. Alert est idéalement situé pour déterminer les concentrations naturelles représentatives des polluants atmosphériques dans l'hémisphère Nord.

Observatoire de l'Extrême-Arctique d'Alert, NU, pendant le lever de soleil polaire

À Alert, le SMC mesure les changements interannuels et à long terme de concentrations de gaz à effet de serre, de polluants atmosphériques toxiques et d'aérosols. Ces mesures sont des indicateurs des changements de la chimie de l'atmosphère planétaire liés au changement climatique, à l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique, au smog photochimique et à la bioaccumulation de toxiques dans les écosystèmes arctiques. Les scientifiques utilisent cette information pour comprendre les processus physiques complexes qui surviennent dans l'atmosphère afin de conseiller les décideurs sur les nouveaux problèmes atmosphériques et climatologiques.

La haute qualité du programme de mesure des installations de recherche d'Alert y a attiré de nombreux chercheurs étrangers. Les recherches de pointe du SMC, jointes à la nature complémentaire des programmes de mesure internationaux à Alert, lui ont valu une réputation mondiale d'excellence en sciences.

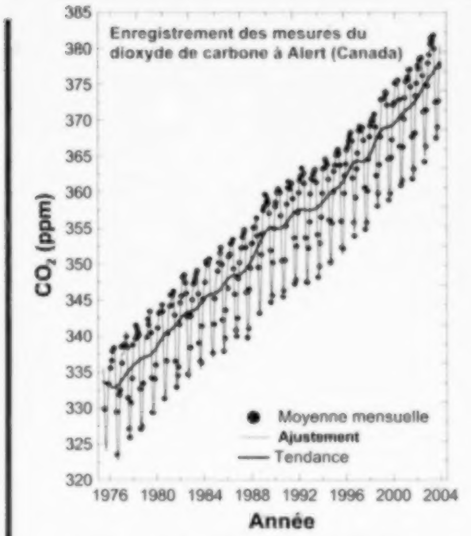
Les mesures effectuées à Alert aident également à suivre les effets de décisions stratégiques comme l'élimination graduelle des substances appauvrissant la couche d'ozone (SACO) en vertu du Protocole de Montréal, ou les progrès réalisés en vue de respecter les engagements de réduire les gaz à effet de serre contractés aux termes du Protocole de Kyoto. De nombreux centres d'archivage internationaux comme le Centre mondial de données relatives aux gaz à effet de serre (CMDG) de l'OMM, au Japon, et le Carbon Dioxide Analysis Centre du laboratoire national d'Oak Ridge, aux États-Unis, archivent les données d'Alert et les diffusent dans la communauté scientifique internationale.

Surveillance de l'atmosphère à l'observatoire de l'Extrême-Arctique du SMC, à Alert (NU)

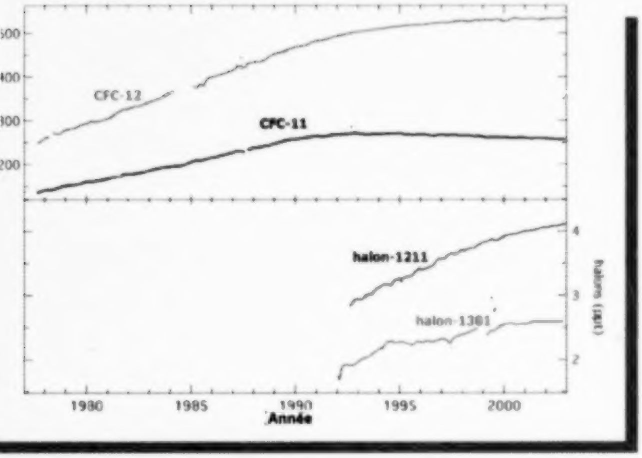
Mesure	Pays coopérants	Problèmes atmosphériques	Tendance des concentrations	Longueur des enregistrements (années)
GAZ À EFFET DE SERRE ET AUTRES GAZ TRACES				
Détermination des tendances et de la variabilité des concentrations naturelles sur la planète				
Dioxyde de carbone (CO_2)	Canada, États-Unis, Australie, Japon	Changement climatique	À la hausse	29
Méthane (CH_4)	Canada, États-Unis, Allemagne, Australie	Changement climatique	À la hausse - au cours de la dernière décennie, la croissance s'est ralentie et est pratiquement nulle présentement	17
Hémioxyde d'azote (N_2O)	Canada, Australie, Allemagne, États-Unis	Changement climatique	À la hausse	4
Nitrate de peroxyacétyle	Canada	Smog	À la baisse jusqu'en 1997; présentement à la hausse	18
Monoxyde de carbone (CO)	Canada, États-Unis, Australie, Allemagne	Changement climatique	À la baisse	6
Ozone (O_3) troposphérique	Canada	Changement climatique et smog	À la hausse	12
Hexafluorure de soufre (SF_6)	Canada, États-Unis, Australie, Allemagne	Changement climatique	À la hausse	4
OZONE STRATOSPHÉRIQUE ET RAYONNEMENT SOLAIRE				
Étude du comportement de la couche d'ozone dans l'Arctique pour déterminer s'il y a des pertes d'ozone importantes au-dessus de la région polaire au printemps				
Ozone (O_3) stratosphérique	Canada	Appauvrissement de la couche d'ozone	À la baisse	40
Rayonnement solaire - UVB	Canada	Appauvrissement de la couche d'ozone	À la hausse	18
POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES DANGEREUX				
Étude du transport de polluants toxiques dans l'Arctique à partir de sources régionales, et du cycle et du comportement de ces substances dans les écosystèmes arctiques				
Mercure (Hg)	Canada	Bioaccumulation et risques pour la santé	À la hausse dans les écosystèmes arctiques	9
PCB et polluants organiques persistants (POP)	Canada	Bioaccumulation et risques pour la santé	À la baisse, sauf pour les « pesticides actuellement utilisés »	2
AÉROSOLS				
Étude des tendances des composantes anthropiques et naturelles des aérosols dans l'Arctique				
Aérosols - (composantes anthropiques comme les métaux lourds et des espèces inorganiques)	Canada	Brume arctique, changement climatique, risques pour la santé	Aucune tendance à la hausse évidente, mais très légère tendance à la baisse	24
Aérosols - (particules de carbone d'origine humaine)	Canada	Brume arctique, changement climatique, risques pour la santé	À la baisse	15
ISOTOPES				
Utilisation des signatures isotopiques des gaz traces pour identifier divers puits et sources anthropiques et naturels				
^{13}C, ^{14}C et ^{18}O dans le CO_2 -	Canada, États-Unis, Australie, Allemagne	Changement climatique	S/O	6
^{13}C et ^{2}H dans le CH_4	États-Unis	Changement climatique	S/O	6

La première figure ci-dessous représente la tendance à la hausse de la concentration de dioxyde de carbone à Alert de 1988 à 2004. La concentration de ce gaz à effet de serre continue d'augmenter au rythme d'environ 1,5 partie par million par année. La seconde figure ci-dessous montre les tendances pour deux chlorofluorocarbures courants (CFC-12 et CFC-11 et Halon 1211 et 1301). Les concentrations de certains CFC sont à la baisse à cause des mesures prises en vertu du Protocole de Montréal pour réduire les substances appauvrissant la couche d'ozone; les concentrations restent toutefois à la hausse pour d'autres CFC.

Mesures hebdomadaires du dioxyde de carbone effectuées à Alert, NU, de 1976 à 2004



Moyenne mensuelle des rapports de mélange du dioxyde de carbone atmosphérique à Alert. Série chronologique tirée des données recueillies par le SMC et l'Institut des sciences de la mer en Colombie-Britannique



Évolution temporelle des moyennes mensuelles planétaires des principaux CFC et halons, exprimées en parties par billion (ppt), présents dans l'atmosphère, issue des données du Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory (CMDL) de la NOAA. Les moyennes incluent les mesures d'Alert (NU), de Point Barrow (Alaska), de Niwot Ridge (Colorado), de Mauna Loa (Hawaii), des Samoas américaines, de Cape Grim (Tasmanie) et du pôle Sud.

ALERT 2000 – Expériences sur le lever de soleil polaire

Des études sur la persistance et l'historique de la présence de la « brume arctique » dans les années 1980 ont mené par hasard à la découverte de l'appauvrissement de la couche d'ozone dans l'Arctique au lever du soleil. Depuis, des scientifiques du SMC ont organisé une série d'études visant à comprendre l'activité chimique déclenchée par le « lever de soleil polaire » dans l'Arctique.

Le soleil n'apparaît pas au-dessus de l'horizon entre la fin d'octobre et la fin de février. Cela permet aux scientifiques d'étudier les processus chimiques et physiques en l'absence de rayonnement solaire, et de déterminer la différence quand le soleil commence à se montrer au-dessus de l'horizon au printemps. Alert 2000 a été le point culminant de plusieurs **expériences sur le lever de soleil polaire** menées à Alert depuis 1988. Les scientifiques du SMC ont piloté l'enquête exhaustive sur place de 2000 visant à observer le comportement chimique de la surface de la neige arctique, et à examiner l'ozone troposphérique (à la surface du globe) et la baisse de la concentration de mercure.

L'étude Alert 2000 a montré que la neige est un milieu hautement réactif, particulièrement quand elle est éclairée par le Soleil. Des réactions photochimiques importantes se produisent sur la neige accumulée; elles influent sur les concentrations des gaz traces ambiants, y compris les toxiques. La découverte que la neige accumulée est beaucoup plus chimiquement réactive qu'on le croyait a porté les scientifiques à penser qu'elle est un creuset de production de substances chimiques très réactives, ce qui pourrait avoir un impact substantiel sur le devenir des polluants transportés dans l'Arctique par l'atmosphère, y compris les

Le camp de glace du RDDC et d'Environnement Canada établi à Alert en 2002.

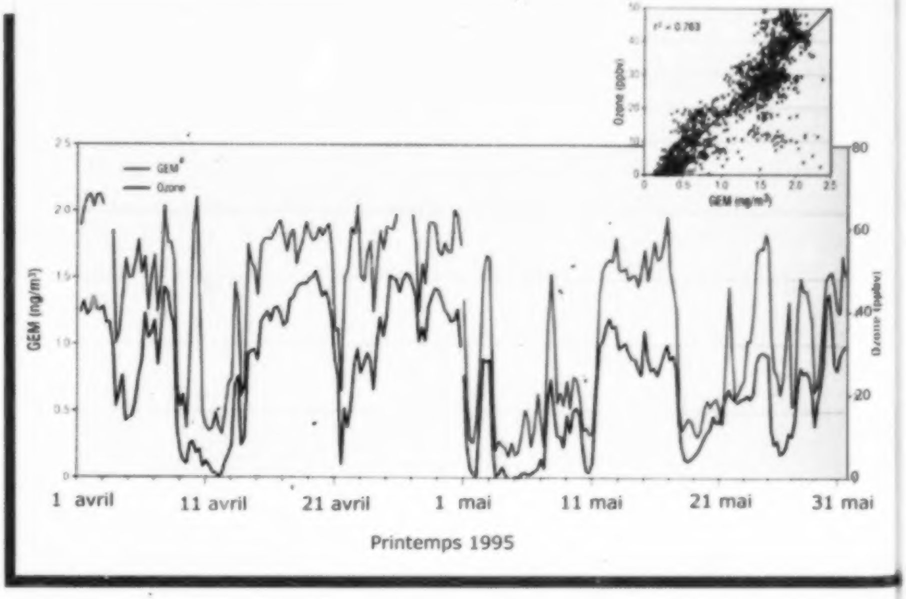
toxiques qui peuvent s'accumuler dans les écosystèmes arctiques. Avant cette campagne, le lien photochimique entre l'atmosphère et la neige était inconnu.

Durant le long hiver d'obscurité, les polluants transportés sur de grandes distances à partir de latitudes méridionales s'accumulent dans l'Arctique. Avec l'arrivée des premiers rayons de soleil au printemps, leur transformation chimique s'accélère. Les scientifiques du SMC ont découvert que, durant le lever du soleil à Alert, le rayonnement solaire déclenche des processus qui mènent à une forte destruction de l'ozone troposphérique. Bien que l'ozone soit en même temps une substance toxique et un gaz à effet de serre, il joue un rôle clé dans la production de substances chimiques qui détruisent d'autres contaminants atmosphériques présents dans l'atmosphère.

En même temps qu'ils découvraient la destruction de l'ozone troposphérique, les scientifiques du SMC découvraient à Alert que les concentrations de mercure élémentaire gazeux baissaient considérablement également après le lever du soleil polaire. Ce fut une découverte surprenante, car une telle baisse des concentrations de mercure n'avait été observée nulle part ailleurs au monde. Les événements de destruction du mercure sont fortement corrélés à la destruction de l'ozone troposphérique, et il y a un lien étroit entre les réactions chimiques en cause.

Les expériences sur le lever de soleil polaire ont étudié ces processus en détail. Les scientifiques ont établi le rôle central joué dans ces processus par les atomes très réactifs du brome. Ces atomes proviennent de la transformation photochimique du sel de mer. Les réactions entre les atomes de brome et l'ozone entraînent une multiplication des atomes de brome, ce qui accélère la destruction de l'ozone (et du mercure). Quand le mercure réagit avec le brome, il prend une forme plus « réactive » et peut entraîner la production d'une forme beaucoup plus toxique de mercure qui pourrait s'introduire dans la chaîne alimentaire et se bioaccumuler dans les espèces supérieures.

Les scientifiques du SMC continuent d'étudier ces processus chimiques et d'autres à Alert. Le but est d'en arriver à une compréhension exhaustive des processus et des interactions chimiques qui surviennent au lever de soleil polaire, et de découvrir le devenir des substance chimiques dans les régions froides.



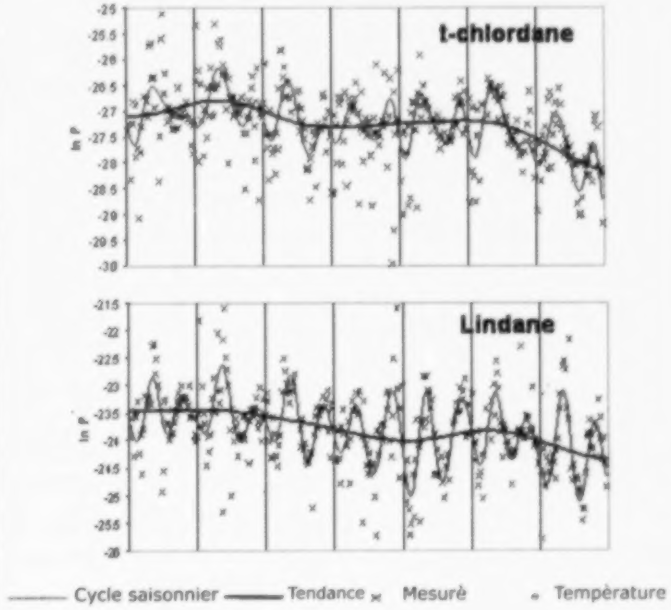
Mesures des concentrations de mercure élémentaire gazeux (MEG) et d'ozone entre le 1er avril et le 31 mai 1995 à Alert (NU)

CONTAMINANTS TOXIQUES

Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord

Le Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord (PLCN) a été créé en 1991 par le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien (MAINC). Pour l'élaborer, le MAINC a consulté des chercheurs, des organismes et des collectivités autochtones du Nord et divers paliers de gouvernement. Le mandat du programme est *« de travailler pour réduire et, chaque fois que cela est possible, éliminer les contaminants dans les aliments traditionnels récoltés, tout en fournissant l'information qui aidera les personnes et les collectivités à prendre des décisions éclairées concernant leur alimentation ».*

Grâce à un financement du Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord, les scientifiques du SMC ont pu surveiller les concentrations de polluants atmosphériques persistants (POP) dans l'Arctique canadien depuis 1992. À Alert, ces mesures portent entre autres sur les pesticides actuellement utilisés et les pesticides interdits. En plus des mesures effectuées de façon continue à Alert, les scientifiques du SMC ont également mené des campagnes de mesure à court terme à cinq autres sites de l'Arctique (voir la carte). Les mesures des POP dans l'Arctique par les scientifiques du SMC aideront à déterminer si les stratégies de surveillance nationales et internationales ont entraîné des changements dans les concentrations atmosphériques et les dépôts de POP dans les écosystèmes arctiques.

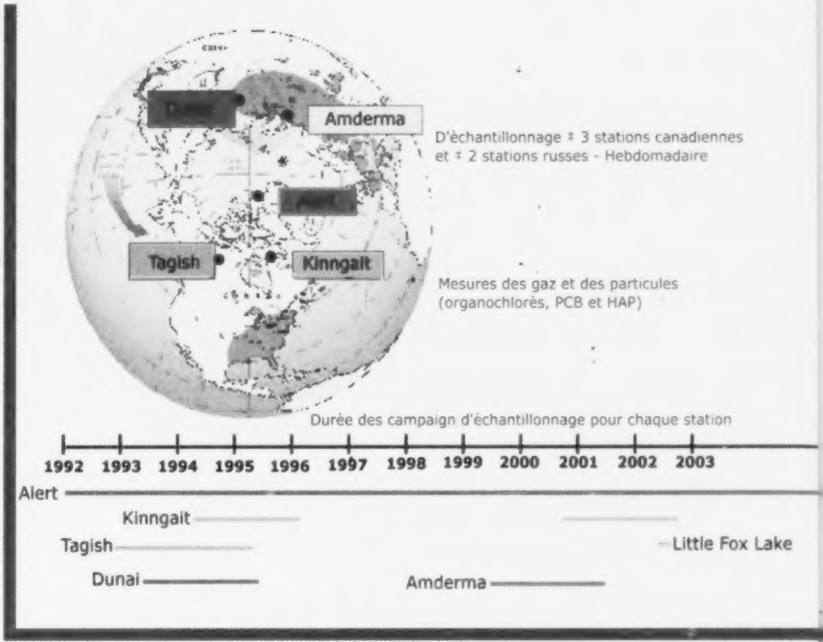


Tendances du trans-chlordane et du lindane (γ-HCH) mesurés dans l'air à Alert (les concentrations atmosphériques sont exprimées sous la forme du logarithme naturel de la pression partielle dans l'air, P)

En général, les pesticides dont l'utilisation est interdite dans les pays occidentaux et industrialisés (p. ex. le chlordane) ont vu leur concentration baisser dans l'atmosphère arctique. Cette tendance est visible dans les séries de données collectées à Alert de 1993 à 1999 pour le trans-chlordane et le lindane. On a occasionnellement observé à Alert des concentrations élevées de pesticides à base de chlordane, comme l'heptachlore et le trans-/cis-chlordane, ce qui indique de nouveaux apports de ces pesticides dans l'Arctique. Les scientifiques du SMC ont conclu que les concentrations atmosphériques à Alert des pesticides actuellement utilisés (comme l'endosulfan) baissaient très lentement ou restaient relativement constantes.

Aux autres sites arctiques, les concentrations de POP dans l'atmosphère sont voisines de celles mesurées à Alert. Toutefois, les concentrations relatives des différents composés et les variations saisonnières de chacun sont différentes d'un site à l'autre, ce qui montre que les sites ont des régions-sources différentes. Par exemple, Tagish reçoit l'air transporté d'Asie au-dessus du Pacifique, alors qu'Alert reçoit l'air transporté d'Eurasie et d'Amérique du Nord. Étant donné que la période d'échantillonnage à ces autres sites était courte (jusqu'à 2 ans), on ne peut déterminer les tendances à long terme qu'à Alert.

Étant donné que notre climat nordique change, les programmes de mesure à long terme, comme celui d'Alert, aideront les scientifiques à étudier comment les variations du climat planétaire influent sur le transport et la distribution des POP dans l'atmosphère arctique. Les scientifiques du SMC ont découvert des indices que les fluctuations climatiques influent sur les concentrations de POP. Le comportement des POP varie avec les changements de température au cours de la journée et d'une saison à l'autre. Quand la température est élevée, les POP s'évaporent dans l'atmosphère et, quand elle est basse, ils se condensent dans l'atmosphère pour se déposer sur le sol, les lacs et les forêts. Avec le temps, ces polluants s'évaporent et se condensent de façon répétée et se déplacent vers le nord à partir de leurs régions-sources.



Carte indiquant les sites et la durée de l'échantillonnage de la campagne de mesure des polluants organiques persistants dans le Haut-Arctique, du Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord.

L'échantillonnage de l'air à Alert se poursuivra pour surveiller les changements de concentration de différents POP dans l'atmosphère arctique. La base de données sur les concentrations atmosphériques de POP du PLCN ainsi que d'autres bases de données du SMC - celle du RIDA de la région des Grands lacs - et des bases de données d'autres pays circumpolaires (PSEA) fourniront des informations vitales aux décideurs. Ces données aideront les négociateurs canadiens à préparer pour les POP des stratégies de surveillance raisonnables et pratiques, qui tiennent compte de la façon dont les contaminants se déplacent dans le Nord. Le Canada a joué un rôle d'avant-garde en définissant les problèmes de toxiques dans le Nord et cherche des solutions à l'échelle internationale.

Sources de pesticides organochlorés

Au Canada et dans d'autres pays développés, l'utilisation de nombreux pesticides organochlorés (POC) a été interdite dans les pratiques industrielles et agricoles. Le toxaphène, le dichloro-diphényl-trichloroéthane (DDT), le chlordane, la dieldrine et les hexachlorocyclohexanes (HCH - également appelés HCH techniques) sont des exemples de pesticides interdits. Il reste toutefois des traces de ces substances dans les écosystèmes - particulièrement dans les régions vulnérables comme l'Arctique canadien.

Les scientifiques du SMC étudient les sources de ces composés afin de déterminer s'ils sont transportés par l'atmosphère à partir de pays où ils sont toujours utilisés, ou s'ils sont des « fantômes du passé » qui sont recyclés dans l'atmosphère à partir de sols et d'eaux contaminés antérieurement. Le Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord (PLCN) appuie les initiatives de recherche du SMC pour identifier les sources de POC.

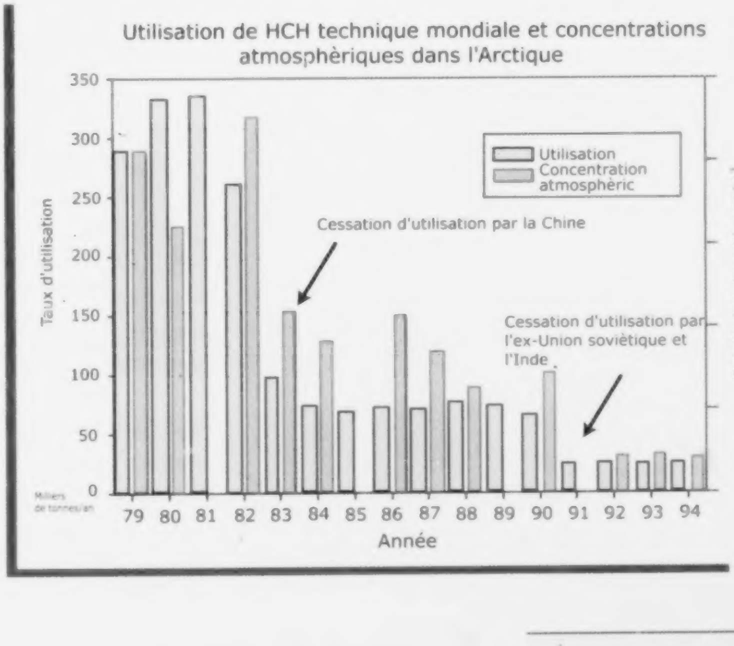
Des scientifiques du SMC ont étudié des données de concentration atmosphérique de l'α-HCH (une forme isomère de HCH technique) recueillies à différents sites nordiques entre 1979 et 1996 (par divers groupes). Ces concentrations ont été comparées à l'utilisation mondiale de HCH techniques et aux émissions d'α-HCH pour les années correspondantes. Deux baisses importantes ont été constatées dans les données. La première correspond à l'abandon des HCH techniques par la Chine (1982-1983), et la seconde, à la réduction de l'utilisation des HCH techniques par l'ex-Union Soviétique et l'Inde (1990-1992). C'est là une forte indication que le transport sur de longues distances dans l'atmosphère disperse rapidement les HCH de leurs régions-sources vers l'Arctique.

Des scientifiques du SMC ont déterminé que les propriétés physiques de ces pesticides au niveau moléculaire sont très importantes pour leurs trajets de transport. Comme de nombreuses autres substances organiques, les pesticides organochlorés peuvent avoir la même formule chimique, mais varier par leur structure moléculaire et leur forme (on dit que ce sont des isomères). À terme, ces faibles différences peuvent avoir des impacts importants sur le comportement de ces molécules dans l'atmosphère et l'eau.

Le cas de l'α-HCH et du β-HCH, deux isomères de HCH techniques, en est un bon exemple. Des scientifiques du SMC ont déterminé que le trajet de transport dominant du β-HCH est océanique. À l'opposé, le trajet dominant de l'α-HCH est atmosphérique. Une comparaison des trajets des isomères de HCH porte à croire que la plupart du β-HCH émis en Asie se dépose dans le Pacifique Nord, d'où il est transporté dans l'océan Arctique via le détroit de Béring. Cela implique que les substances solubles dans l'eau qui sont extraites efficacement de l'air par les précipitations ou les échanges de gaz entre l'air et l'eau peuvent atteindre l'Arctique, principalement sous l'effet des courants océaniques. Le β-HCH en est un exemple important. Ces résultats ont porté les scientifiques à penser que le rôle des courants océaniques dans le transport des toxiques vers l'Arctique est plus important qu'on ne l'avait prévu.

On peut également identifier la source d'un pesticide en déterminant les rapports d'énantiomères (isomères optiques - images miroirs d'une molécule) dans le contaminant. Initialement, le rapport d'énantiomères est 1:1 exactement mais, à mesure que le pesticide subit une dégradation biologique, son rapport d'énantiomères varie. Une variation du rapport signale aux scientifiques que le composé a subi une dégradation biologique partielle, et leur donne une idée de la durée du séjour du composé dans l'environnement. Par exemple, un inventaire des émissions de toxaphène aux États-Unis porte à croire que, même si ce pesticide est interdit depuis deux décennies, la volatilisation des résidus qui se trouvent dans le sol a injecté 360 tonnes de toxaphène dans l'atmosphère en 2000.

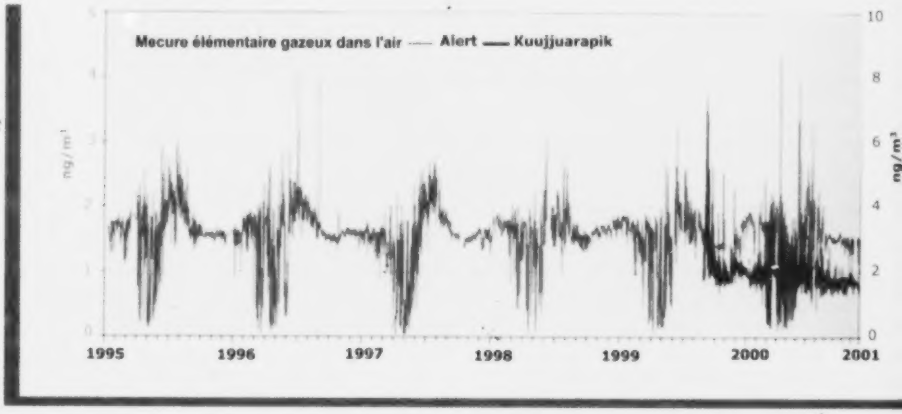
Les scientifiques du SMC continueront d'utiliser les propriétés physiques distinctives des pesticides organochlorés pour différencier les sources anciennes de pesticides des nouvelles, et déterminer les trajets de transport de ces substances chimiques dans l'Arctique canadien. Les résultats du SMC seront utilisés pour remplir les obligations du Canada aux termes du Protocole sur les POP à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance et de la Convention de Stockholm sur les POP.



Mercure

Comme avec les autres toxiques, un certain type de mercure peut se bioaccumuler dans les tissus des animaux aquatiques et terrestres. À l'état gazeux, ce métal peut rester dans l'atmosphère de six à 24 mois, ce qui lui permet de se rendre dans les régions éloignées de l'Arctique sous l'effet de processus atmosphériques et hydrologiques. Les collectivités nordiques peuvent donc être sensibles aux activités génératrices de mercure, comme la combustion de combustibles fossiles, la fonte de métaux et l'incinération de déchets dans des régions industrielles éloignées.

Dans le cadre du Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord (PLCN), la Direction générale des sciences de l'atmosphère et du climat ainsi que la région du Québec du SMC mesurent les concentrations de mercure à deux sites du Nord canadien. Ces mesures ont commencé à Alert (Nunavut) en 1995 et à Kuujjuarapik (Québec) en 1999.



Mesures du mercure élémentaire gazeux (MEG) à Alert (Nunavut) et Kuujjuarapik (Québec).

On constate une répétition annuelle d'une forte baisse des concentrations de mercure élémentaire gazeux à Alert à la fin de février (durant le lever de soleil polaire - voir l'article de la page 25). Cette destruction du mercure dans l'air arctique au printemps a révélé aux scientifiques l'existence d'un processus chimique particulier. On a constaté une répétition semblable dans les données recueillies à Kuujjuarapik (Québec), ainsi qu'ailleurs dans l'Arctique et l'Antarctique. Ceci porte à croire que ces épisodes de destruction du mercure (EDM) se produisent sur de grandes superficies et ne sont pas limités à l'Extrême-Arctique. Les EDM sont toutefois moins fréquents et moins intenses à Kuujjuarapik qu'à Alert. Les bassins atmosphériques des deux sites sont en effet différents. Celui de Kuujjuarapik est alimenté surtout par les régions méridionales, et celui d'Alert surtout par l'Eurasie et l'Amérique du Nord.

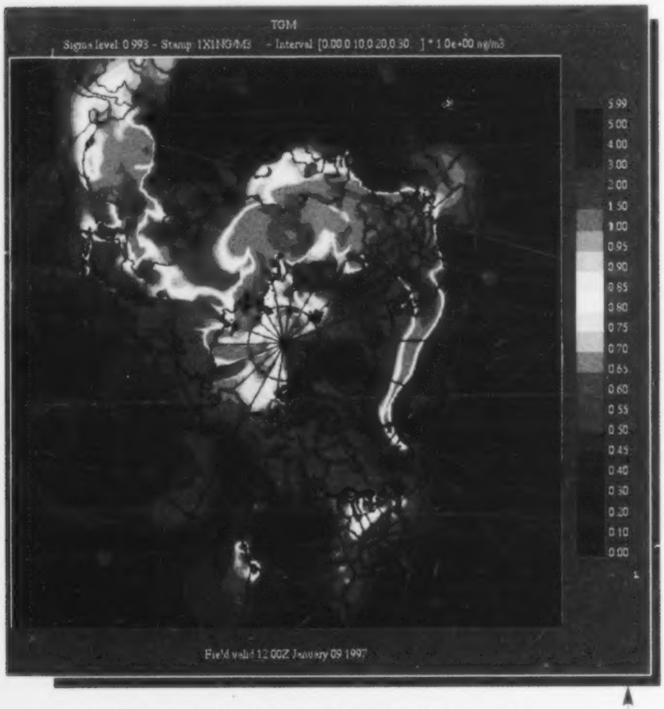
Des scientifiques de la Région du Québec du SMC ont étudié les concentrations de mercure gazeux et les processus du mercure atmosphérique à Kuujjuarapik. Le but principal de cette recherche est d'étudier le transport et les retombées du mercure atmosphérique dans le nord du Québec dans le contexte des processus d'oxydation du mercure. Les scientifiques pensent que ces processus d'oxydation sont une importante voie de contamination potentielle de l'environnement nordique.

Des scientifiques étudient les processus d'oxydation du mercure par les radicaux ozone, chlore et brome dans l'atmosphère. Ils mesurent les concentrations totales de mercure dans les précipitations, les flux surface-atmosphère, le sol, l'eau, la neige et des paysages

Échantillonnage de la neige pendant les expériences du lever de soleil polaire 2002 à Alert, pour déterminer les concentrations totales de mercure dans la neige

caractéristiques du Nunavik. Pour fins de comparaison, des mesures semblables seront effectuées en parallèle dans différents paysages - une zone terrestre méridionale (Saint-Anicet) et la zone maritime du golfe du Saint-Laurent (Mingan). Ces opérations donneront aux scientifiques des informations précieuses sur l'étendue géographique des processus d'oxydation du mercure et les aideront à identifier les mécanismes en jeu.

Les programmes de mesure des concentrations de mercure du SMC au Nunavut et au Nunavik permettront aux scientifiques de mieux connaître comment le mercure est transféré de l'atmosphère à la chaîne alimentaire arctique. Cette information donnera aux décideurs des outils pour la surveillance et la réglementation aux échelles internationale, nationale et régionale. Des mesures annuelles continues sont nécessaires pour leur permettre d'évaluer l'efficacité des stratégies de surveillance des émissions de mercure et d'élaborer à l'intention des habitants du Nord des stratégie d'adaptation concernant la consommation d'aliments traditionnels.



Sortie du modèle MGRMLA pour le 9 janvier 1997, montrant les concentrations de mercure gazeux total (en nanogrammes/m³) dans l'air en surface dans l'hemisphère Nord. La figure donne une indication des voies de transport du mercure vers l'Arctique canadien.

Métaux lourds dans l'atmosphère

Les scientifiques du SMC sont en train d'établir le cycle de vie du mercure afin d'élaborer un modèle exhaustif qui simulera les voies de transport du mercure dans l'Arctique canadien. Le mercure a des sources anthropiques et naturelles. Le mercure anthropique vient principalement des centrales électriques alimentées au charbon, des fonderies de métaux et des incinérateurs de déchets. Les sources naturelles sont, entre autres, la météorisation du substrat et les émissions de gaz par les sols. Les scientifiques du SMC sont en train d'élaborer un inventaire exact des émissions de mercure (naturelles et anthropiques) qui sera utilisé dans le **Modèle global et régional des métaux lourds dans l'atmosphère** (MGRMLA) du SMC.

Le MGRMLA est un modèle de transport et de transformation sur la distribution planétaire du mercure. Utilisé conjointement avec le modèle global environnemental multiéchelle (GEM), il simulera les voies suivies par le mercure et d'autres métaux lourds. Le projet en est à ses débuts mais, à l'échelle mondiale, les scientifiques s'intéressent grandement au transport du mercure en raison de sa grande toxicité.

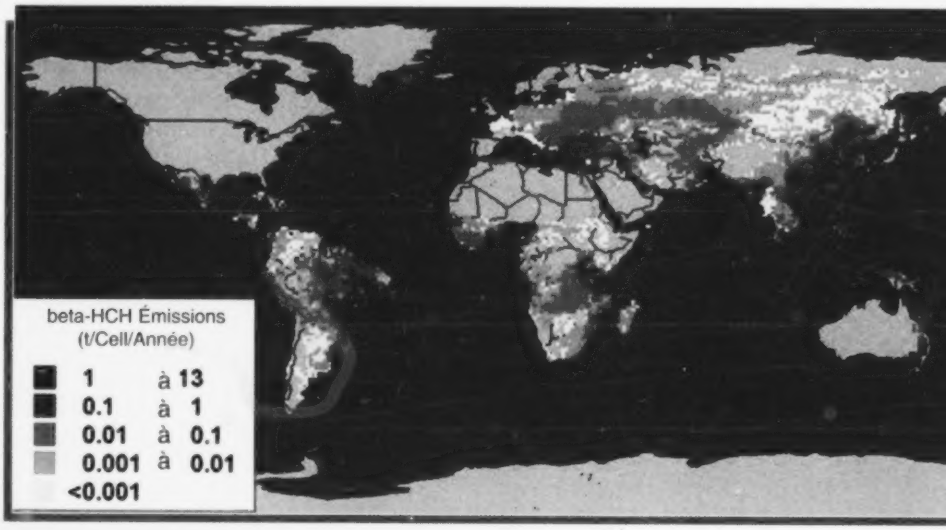
Quand les voies de transport du mercure seront connues, des stratégies efficaces de surveillance des émissions pourront être mises en place afin d'empêcher l'accumulation dangereuse de ce métal dans les écosystèmes arctiques.

Utilisation des inventaires d'émissions de pesticide pour identifier les sources et les voies de transport des polluants

Les pesticides organochlorés (POC), comme les hexachlorocyclohexanes (HCH), le dichloro-diphényl-trichloroéthane (DDT), le toxaphène et l'endosulfan, peuvent être transportés loin de leurs régions-sources par l'atmosphère ou les océans. Dans l'Arctique, ces contaminants ont été détectés dans l'air, la neige, l'eau de mer, les ours blancs et les mammifères marins. Les sources et les voies sont connues pour certains de ces POC, mais nettement moins pour d'autres. Les scientifiques du SMC cherchent à créer des inventaires mondiaux des émissions pour tous les POC en vue d'étudier les sources et les voies de ces polluants présents dans le Nord canadien.

Le SMC a commencé à élaboré un inventaire des émissions de POC au début des années 1990. Les informations sur la production et l'utilisation mondiales des pesticides et des produits chimiques commerciaux ont été utilisées comme entrée dans le **Modèle maillé simplifié des émissions et des résidus de pesticides** du SMC pour produire des inventaires maillés des émissions mondiales de POC particuliers. Le SMC est l'un des rares organismes au monde, sinon le seul, à avoir créé un tel inventaire aux échelles régionale et mondiale.

Les résultats de ce modèle sont compilés dans une base de données accessible sur l'Internet qui a été créée par les scientifiques du SMC et est connue sous le nom de **Base de données mondiale sur les rejets de pesticides** (BDMoRP, **http://www.msc.ec.gc.ca/data/gloperd**). Grâce à cette base de données, l'inventaire est accessible à tous à l'échelle mondiale. À mesure que s'accumuleront les données, l'inventaire sera élargi pour permettre à la communauté scientifique d'examiner les processus de transport et de transformation liés aux POC. Ce partage des données sera une contribution à des réalisations internationales, comme le Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique (PSEA), l'Équipe spéciale sur les polluants organiques persistants de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) et le groupe d'experts sur les inventaires d'émissions de la CEE-ONU. Ces informations sont essentielles pour élaborer des politiques mondiales sur l'utilisation des pesticides en vue de protéger la santé future des Canadiens dans le Nord et celle des écosystèmes nordiques.



Grille des émissions annuelles totales de β-HCH en 1990 (Li et al., 2003).

PROGRAMMES DE QUALITÉ DE L'AIR RÉGIONALE POUR ÉVALUER LES IMPACTS DES DÉVELOPPEMENTS ACTUELS ET FUTURES DU NORD

Le Nord passe par un boom d'exploitation minière, pétrolière et gazière. On craint que les émissions atmosphériques de ces exploitations ne nuisent à la santé des humains, des animaux sauvages et des écosystèmes en dégradant la qualité de l'air régionale et en augmentant les dépôts acides.

La plus grande partie des exploitations minières se trouve dans une région allant du centre des Territoires du Nord-Ouest à la partie ouest du Nunavut. Il y a deux mines de diamants et une mine d'or en exploitation; deux autres mines de diamant et une mine d'or font l'objet d'une évaluation environnementale réglementaire ou sont en phase de construction, et deux autres mines de diamant et d'or sont proposées pour une exploitation future. Les mines sont des sources d'azote, de soufre, d'ammoniac et de particules.

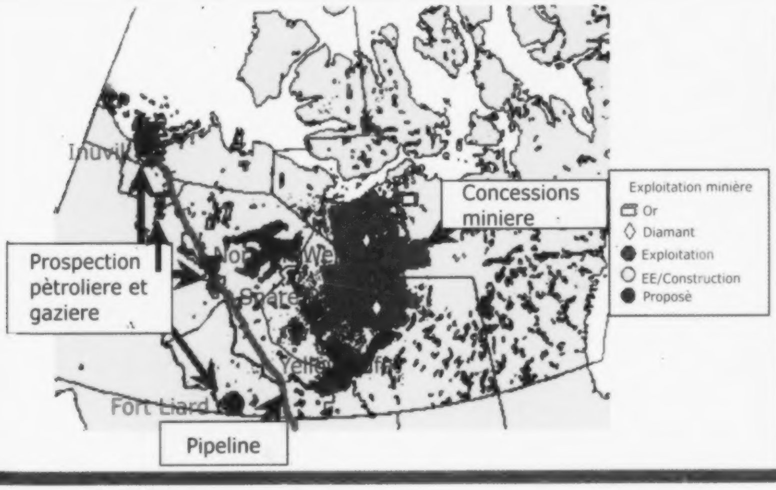
Des programmes d'exploration et d'exploitation de champs pétrolifères et gaziers sont en cours dans la vallée et le delta du Mackenzie. De petites exploitations sont en marche à Inuvik, à Norman Wells, à Fort Liard et à Cameron Hills. Le Projet gazier du Mackenzie (y compris trois champs gaziers d'attache du delta du Mackenzie et un oléoduc reliant le delta du Mackenzie à l'Alberta) subit présentement une évaluation environnementale réglementaire. Si l'oléoduc est construit, les programmes d'exploration et d'exploitation pétrolières et gazières s'amplifieront considérablement.

Le programme de modélisation de la qualité de l'air des régions des Prairies et du Nord a mis en œuvre le système de modélisation CMAQ (Community Multiscale Air Quality) pour étudier les impacts cumulatifs potentiels des exploitations nordiques actuelles et futures sur la qualité de l'air régionale. Sur une période de modélisation d'une durée d'un an, les scientifiques prédiront les concentrations ambiantes des principaux polluants (oxydes d'azote, dioxyde de soufre, monoxyde de carbone, particules et ammoniac), des dépôts acides et de brume.

Grâce à un financement dans le cadre du programme énergétique pour le Nord, la RPN du SMC a fourni un équipement au réseau actuel de surveillance de la qualité de l'air du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest (GTNO). Plus précisément, la RPN a fourni des appareils d'analyse en continu des NO_x et de l'ozone à la station d'Inuvik pour tenter de déterminer les niveaux de référence de ces gaz avant l'accélération de l'exploitation des champs pétrolifères et gaziers, ce qui permettra aux scientifiques de suivre les changements et les tendances des niveaux ambiants au cours de l'opération. Le GTNO a également des sites de surveillance de la qualité de l'air à Norman Wells et à Fort Liard (voir la carte). Chaque site, y compris celui d'Inuvik, a un programme qui mesure des paramètres météorologiques et les concentrations de sulfure d'hydrogène, de dioxyde de soufre et de particules fines ($PM_{2,5}$).

Le Réseau de surveillance de l'air et des précipitations (RSAP) du SMC à Downsview participe à la télésurveillance des dépôts à Snare Rapids, site qui se trouve à environ 100 km au nord-ouest de Yellowknife. Ce site a fourni des informations de référence précieuses obtenues de régions où se trouvent des mines de diamant. Ces informations seront utilement comparées aux mesures effectuées dans la vallée du Mackenzie. Il existe des plans pour élargir le programme de mesure à ce site et y mesurer l'ozone troposphérique et, peut-être même les particules fines, dans le cadre du programme national de modélisation des prévisions de qualité de l'air. Le RSAP a également des sites de surveillance nordiques à Goose Bay (Labrador) et à LG4 (baie James).

Jusqu'ici, les influences planétaires sur la qualité de l'air dans le nord du Canada ont été la question dominante concernant la qualité de l'air nordique. Toutefois, à mesure que s'élargit l'exploitation des ressources du Nord, les questions locales et régionales deviendront de plus en plus importantes pour la qualité de l'air dans le Nord. Les activités de surveillance et de modélisation de la qualité de l'air du SMC seront vitales pour garantir que l'élargissement de l'exploitation des ressources du Nord n'aura pas de répercussions nuisibles sur le bien-être des habitants du Nord et sur les écosystèmes vulnérables de l'Arctique.



Developpements pétroliers, gaziers et miniers présents et futurs dans le Nord.

ÉTUDE SUR L'OCÉAN, L'ATMOSPHÈRE, LA GLACE DE MER ET LA COUVERTURE NIVALE (OASIS)

OASIS est une nouvelle initiative internationale multidisciplinaire dont le but est d'étudier les interactions entre l'océan, l'atmosphère, la glace de mer et la couverture nivale dans les régions polaires. Sa mission sera de déterminer l'importance des processus d'échange chimiques, physiques et biologiques dans les océans, l'atmosphère, la glace de mer et la couverture nivale, sur la chimie troposphérique, la cryosphère et l'environnement marin, et leurs mécanismes de réaction dans le contexte du changement climatique.

L'étude OASIS doit examiner comment ces processus influent sur la composition chimique de l'atmosphère et contrôlent l'introduction de substances chimiques toxiques dans les environnements polaires. La nature et l'étendue de la couverture de neige et de glace changent dans l'Arctique. OASIS en évaluera les mécanismes de rétroaction dans le contexte du changement climatique. Ceux-ci sont probablement dus à un changement du climat, mais auront également un impact sur le climat. De plus, OASIS examinera l'impact sur les humains et les écosystèmes de l'échange atmosphère-surface des espèces chimiques. L'étude est appuyée par de nombreux programmes internationaux dont le programme IGAC (International Global Atmospheric Chemistry), le programme AICI (Air Ice Chemical Interactions) et l'étude SOLAS (Surface Ocean Lower Atmosphere Study). Une grande partie de l'étude OASIS devrait avoir lieu durant les activités de l'Année polaire internationale 2007-09. La Direction générale des sciences atmosphériques et climatiques du SMC dirige l'initiative OASIS.

MESURES CANADIENNES SYSTÉMATIQUES DE L'OZONE STRATOSPHÉRIQUE ET DU RAYONNEMENT UV

La couche d'ozone est cruciale pour la santé et la sécurité de l'homme parce qu'elle bloque les rayons ultraviolets (UV) nuisibles. L'augmentation du rayonnement ultraviolet à la surface de la Terre par suite de la destruction de la couche d'ozone peut être très dommageable pour les formes sensibles de vie de l'Arctique et les personnes qui vivent dans les régions circumpolaires.

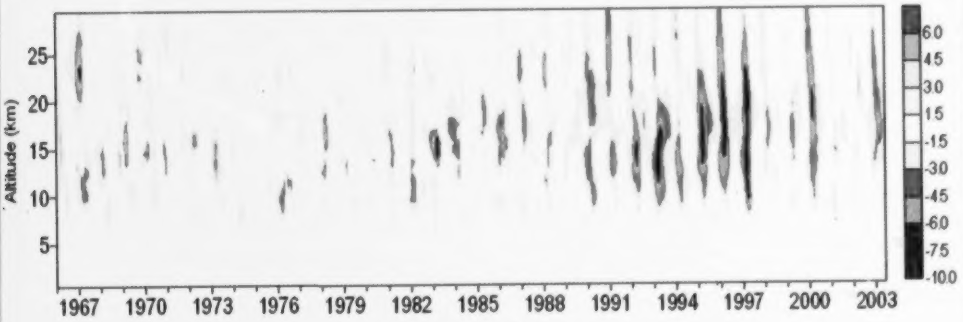
Durant les mois d'hiver dans les régions polaires, les vents stratosphériques isolent la masse d'air polaire, et il en résulte des températures très basses ainsi que la formation de nuages stratosphériques polaires. Ces nuages entretiennent des réactions chimiques qui détruisent la couche d'ozone. Des études scientifiques portent à croire qu'un refroidissement additionnel de la stratosphère dû au changement climatique accroîtra la formation de ces nuages et pourrait accélérer la destruction de la couche d'ozone.

Le SMC dispose d'un réseau de 12 stations Brewer de surveillance de l'ozone et des UV au Canada. Les scientifiques du SMC ont mis au point l'appareil Brewer, qui est devenu la norme internationale pour les mesures au sol. Présentement, plus de 160 appareils sont utilisés dans quarante pays. Les stations Brewer se trouvent dans le nord du Canada à Churchill au Manitoba, à Goose Bay au Labrador, et à Alert, Eureka et Resolute Bay au Nunavut. Les stations font une surveillance à long terme de l'ozone stratosphérique et du rayonnement ultraviolet.

Le SMC exploite également le Réseau d'ozonesondes installé dans des stations du Nord canadien. Des ozonesondes sont libérées dans l'atmosphère à chaque site du réseau; elles transmettent des mesures de la pression, de la vitesse du vent, de la température et de l'humidité quand elles s'élèvent dans la couche d'ozone. Dans le cadre de ses engagements internationaux, le SMC a participé au programme d'ozonosondage Match depuis 1991. Ce programme coordonne le lancement d'ozonesondes en Europe et au Canada pour analyser une même masse d'air à différents points de son déplacement autour du vortex polaire. En 2005, le SMC collaborera avec des services météorologiques européens durant la prochaine phase du programme Match.

L'Observatoire de l'ozone stratosphérique d'Eureka, qui se trouve sur l'île d'Ellesmere dans l'Extrême-Arctique, a été le site d'une série de mesures en février et mars 2004. Ce fut une entreprise de collaboration entre des scientifiques du SMC, de l'université de Toronto et de l'université de Waterloo. Le projet a été financé par l'Agence spatiale canadienne. L'objectif de la série de mesures a été de valider les mesures du satellite SCISAT-1 dans l'Expérience sur la chimie atmosphérique. Ce satellite canadien, qui a été lancé en août 2003, est doté d'instruments du SMC pour recueillir des données qui élargiront notre compréhension de l'appauvrissement de la couche d'ozone, particulièrement au-dessus des régions arctiques.

Les données recueillies par le Réseau Brewer et le Réseau d'ozonosondes sont archivées au Centre mondial des données sur l'ozone et le rayonnement ultraviolet de Downsview (Ontario), et mises à la disposition des scientifiques à l'échelle internationale. Ces données sont essentielles aux scientifiques du SMC et de l'étranger pour surveiller les états actuel et futur de la couche d'ozone.



Distributions verticales à long terme de l'ozone sur l'Arctique canadien, de 1966 à 2000, la moyenne annuelle de 1996-1997 étant soustraite des données pour montrer les écarts à la normale des concentrations. Les traits en vert et en bleu, indiquant des concentrations d'ozone inférieures à la normale, sont visibles pour des années récentes (1993, 1995, 1996, 1997, 2000 et 2003). (Les valeurs sont en dobsons par kilomètre.)

Climat et changement climatique

SYSTÈME MONDIAL D'OBSERVATION DU CLIMAT (SMOC)

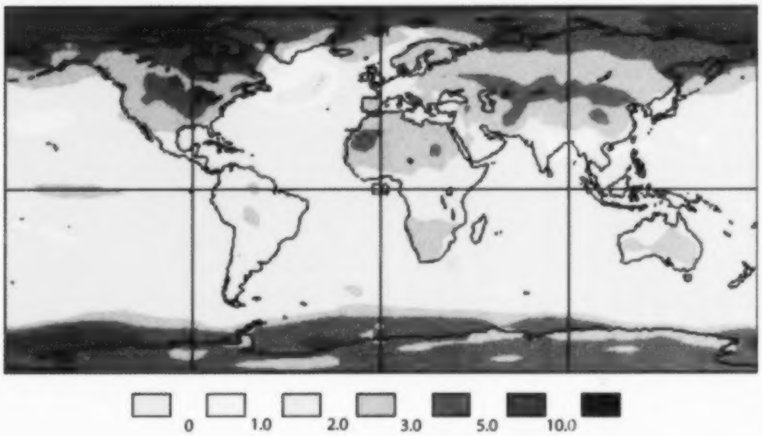
L'Arctique est particulièrement sensible aux impacts du changement climatique. Il va devenir de plus en plus important d'élaborer des stratégies d'adaptation pour les habitants du Nord à mesure que leurs modes de vie traditionnels seront remis en question, ce qui exigera une meilleure capacité de prévision de la variabilité et du changement du climat. Des observations à long terme et exhaustives du climat terrestre amèneront des améliorations dans ce domaine.

Grâce à un financement important par le Fonds d'action pour le changement climatique, le SMC a pris la direction nationale de ce programme et s'est engagé vis-à-vis l'Organisation météorologique mondiale (OMM) à fournir des données climatologiques à long terme pour tout le Canada. Le SMC recueille des données climatologiques au moyen du réseau de surface du Système mondial d'observation du climat (voir la section consacrée au SMOC à la page 21). Il s'est engagé à maintenir la durabilité et la longévité de ces sites. Ces stations sont des sources à long terme de données homogènes complètes de haute qualité sur toutes les grandes régions climatiques du Canada.

Le SMC intègre les observations de ces réseaux à des modèles du système climatique. Les résultats des modèles fourniront aux scientifiques une meilleure perception des régimes de changement climatique et seront cruciaux pour aider les collectivités du Nord à s'adapter aux conditions environnementales changeantes.

CENTRE CANADIEN DE LA MODÉLISATION ET DE L'ANALYSE CLIMATIQUE (CCmaC)

Le Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique (CCmaC) élabore et applique des modèles du climat planétaire pour améliorer la compréhension du changement climatique passé et faire des projections du changement climatique futur, en incluant la région nordique du Canada. Le SMC diffuse largement les résultats des modèles au Canada et à l'étranger pour des études d'impact et d'adaptation.



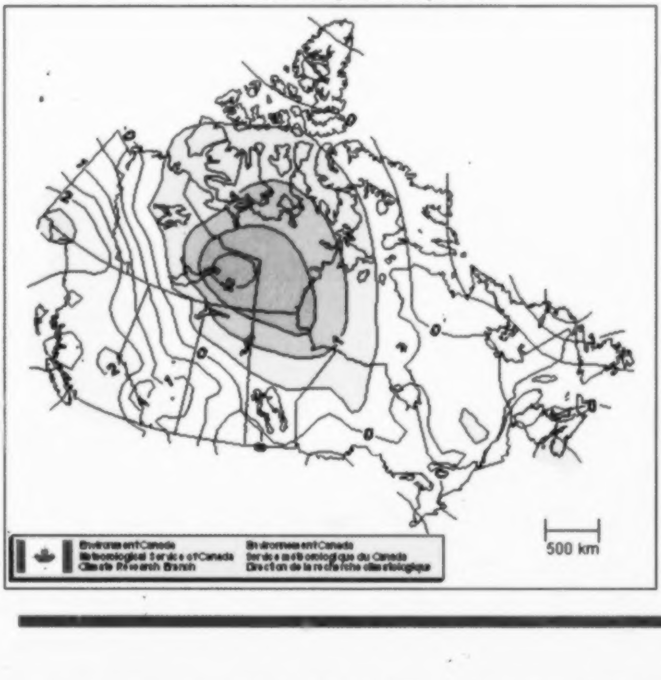
Le CCmaC œuvre également dans la recherche sur les processus de la glace de mer pour représenter ces processus dans des modèles climatologiques planétaires et régionaux, et les modèles opérationnels de prévision de glaces de mer. Les résultats de ces travaux ont été intégrés au troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et à l'Évaluation des impacts climatiques dans l'Arctique (EICA) de 2004.

Réchauffement en surface projeté par le MCCG2 pour 2050, par rapport à 1980.

LE CLIMAT CANADIEN

Le problème du changement climatique retenant de plus en plus l'attention dans le monde, le Canada a la responsabilité, à l'échelle internationale, de documenter les tendances et les variations du climat dans toutes les régions du pays. En consultant via l'Internet le Bulletin des tendances et des variations climatiques (**http://www.msc-smc.ec.gc.ca/ccrm/bulletin**), les Canadiens peuvent se renseigner sur l'état actuel du climat canadien. Sur ce site Web, l'Arctique est subdivisé en quatre régions, et une information sur les tendances et les variations de la température et des précipitations est donnée pour chacune.

TEMPERATURE DEPARTURES FROM NORMAL
Annual (Jan-Dec) 2004
ANOMALIES DE LA TEMPERATURE PAR RAPPORT A LA NORMALE
Annuelle (Jan-Dec) 2004



Les variations actuelles et futures du système climatique sont mieux comprises dans le contexte des changements historiques du climat. Le SMC a participé à des recherches qui font reculer de 1 000 à 2 000 ans l'historique du climat mondial. Ce travail a été mené en collaboration avec un certain nombre de chercheurs utilisant des paléodonnées. Par exemple, une information sur le climat avant l'apparition des instruments a été obtenue en utilisant les données de température de 140 trous de forage au Canada, ce qui a permis aux chercheurs de reconstruire les périodes climatiques critiques des derniers siècles et montrer l'existence de périodes de refroidissement au 18e et au 19e siècles, et des périodes de réchauffement aux 16e, 17e et 20e siècles.

Anomalies régionales des précipitations annuelles : extrêmes et ordre de la saison en cours, 1948 - 2004 (57 années)

	Années Extrêmes				Année 2004	
Région	**Le mois de préc.**	**Anom. %**	**Le plus de préc.**	**Anom. %**	**Ordre ***	**Anom. %**
Atlantique	2001	-19.8	1990	19.2	51	-9.0
Grands Lacs/Saint-Laurent	1963	-16.0	1990	19.1	24	4.0
Forêt nord-est	1997	-11.0	1979	13.2	6	7.3
Forêt nord-ouest	1998	-23.1	1973	16.5	23	-0.9
Prairies	2001	-32.4	1951	26.8	21	3.2
Montagnes du sud de la C.-B.	2001	-24.7	1996	32.2	20	3.7
Pacifique	1985	-24.6	1980	17.4	53	-17.3
Montagnes du nord de la C.-B./Yukon	1998	-35.8	1974	22.7	48	-9.2
District du Mackenzie	**2004**	**-28.3**	1974	27.6	57	-28.3
Toundra arctique	1954	-19.8	1996	25.8	32	4.2
Montagnes et fjords arctique	1948	-46.4	1953	44.2	14	15.4
Canada	1956	-7.3	1996	9.1	33	0.4

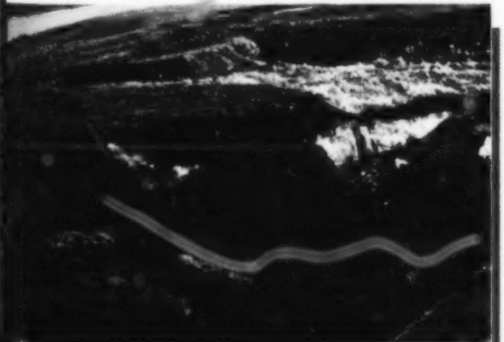
L'ordre de la valeur courante (l'anomalie de l'annuelle 2004) est obtenu à partir d'une série de données décroissantes des plus grandes précipitations aux moindres. Veuillez noter que la valeur de 2004 est préliminaire.

2004 a été l'année la plus sèche enregistrée jusqu'ici dans le district du Mackenzie, avec 28,3 % sous la normale, soit 4,1 % plus sèche que 1995, qui vient au deuxième rang.

LE PERGÉLISOL

Le SMC a créé une série de stations météorologiques afin d'étudier le climat et le pergélisol entre le milieu des années 1980 et le début des années 1990, et d'examiner les répercussions du changement climatique sur le pergélisol. Ce travail s'effectue en collaboration avec les experts sur le pergélisol de la Commission géologique du Canada (CGC), une composante de Ressources naturelles Canada. Les experts examinent le lien entre la température du sol et l'atmosphère.

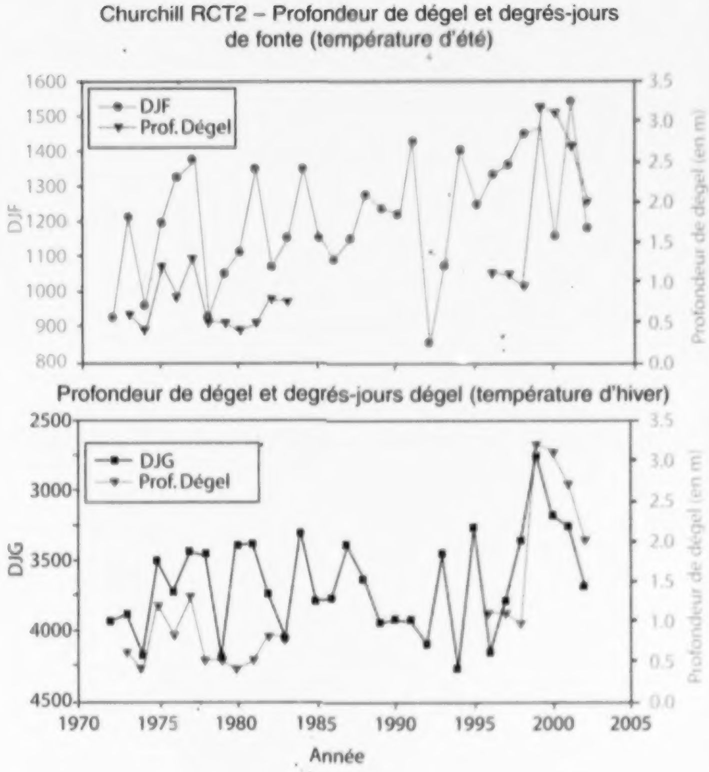
Les problèmes de construction sont la principale préoccupation des Canadiens en ce qui a trait au pergélisol. Par suite du dégel du sol, la glace présente dans le sol ne peut soutenir les routes, les pipelines ou autres structures, ce qui cause des dommages. La prévision du devenir du pergélisol ou la conception de structures qui en ralentiront la dégradation peuvent améliorer notre capacité à réagir au changement climatique. Une composante secondaire de la science du climat et du pergélisol consiste à utiliser les changements du pergélisol comme indicateurs du changement climatique. Ce projet se concentre sur la partie sud de la zone de pergélisol et examine les changements de l'état du pergélisol avec les variations climatiques interannuelles et les variations à long terme.



Pergélisol de glace de sol

Les cartes ci-dessous de la profondeur du dégel l'hiver et l'été dans la région de Churchill montrent la réaction du pergélisol aux variations du climat. Un grand changement a été constaté dans les profondeurs de dégel dans la région de Churchill en 1999. Les années précédentes, les profondeurs de dégel l'été et l'hiver étaient inférieures à 0,8 m la plupart des années, et ont subitement dépassé 3 m en 1999. Les degrés-jours de fonte et de gel montrent que cette forte augmentation de la profondeur de dégel a été déclenchée par les étés chauds qui ont précédé et un changement vers des hivers plus doux.

Ce réseau continuera de surveiller les changements du pergélisol comme indicateurs du changement climatique et d'appuyer l'infrastructure construite dans le Nord canadien pour garantir le bien-être socioéconomique des habitants du Nord.



Mesures de l'épaisseur de la couche de dégel en hiver et en été, à Churchill (Manitoba), pour la période 1970 – 2003.

ÉTUDE GEWEX DU MACKENZIE (MAGS)

Les réserves d'eau douce du Canada sont parmi les plus vastes du monde. Le Mackenzie est la plus vaste source nord-américaine d'apport d'eau douce dans l'océan Arctique, ce qui exerce une influence profonde sur la circulation dans les océans mondiaux et le climat à long terme.

Le bassin du Mackenzie s'étend depuis la Cordillère canadienne jusqu'au Bouclier canadien, et depuis les Prairies jusqu'à la toundra. Une forte tendance au réchauffement est constatée dans cette région. De plus, l'étude MAGS a montré que les événements de réchauffement hivernal extrême ont été plus fréquents que jamais dans le bassin du Mackenzie ces dernières années. Le changement climatique peut modifier la nature des ressources hydriques de cette région. Étant donné que les cours d'eau et les lacs du Nord sont d'importantes artères de transport, les changements du niveau de l'eau peuvent également avoir de profondes répercussions sur les activités socioéconomiques dans le bassin.

Lorsque les responsables du Programme mondial de recherches sur le climat de l'Organisation météorologique mondiale ont lancé l'Expérience mondiale sur les cycles de l'énergie et de l'eau (GEWEX) en 1988, la contribution du Canada a été d'étudier un bassin hydrographique nordique pour repousser les frontières du savoir sur les régions de climat froid.

Des chercheurs canadiens venus de plus de 30 groupes de recherche du gouvernement et du milieu universitaire ont conjugué leurs efforts pour mesurer et modéliser les cycles atmosphériques et hydrologiques du bassin du Mackenzie. Cette recherche concertée, à laquelle on a donné le nom d'étude GEWEX du Mackenzie ou MAGS, a exposé pour la première fois les cycles de l'énergie et de l'eau du bassin.

Les objectifs de MAGS sont de comprendre et de modéliser les cycles de l'eau et de l'énergie à haute latitude qui jouent un rôle dans le système climatique, et d'améliorer notre capacité d'évaluer les changements des ressources hydriques du Canada qui sont liés au climat. MAGS est une étude à long terme (1996-2005) en plusieurs phases qui a des composantes de surveillance et de modélisation. La Direction générale des sciences atmosphériques et climatiques et la région des Prairies et du Nord du SMC ont fait d'importantes contributions à l'étude, dont voici quelques résultats :

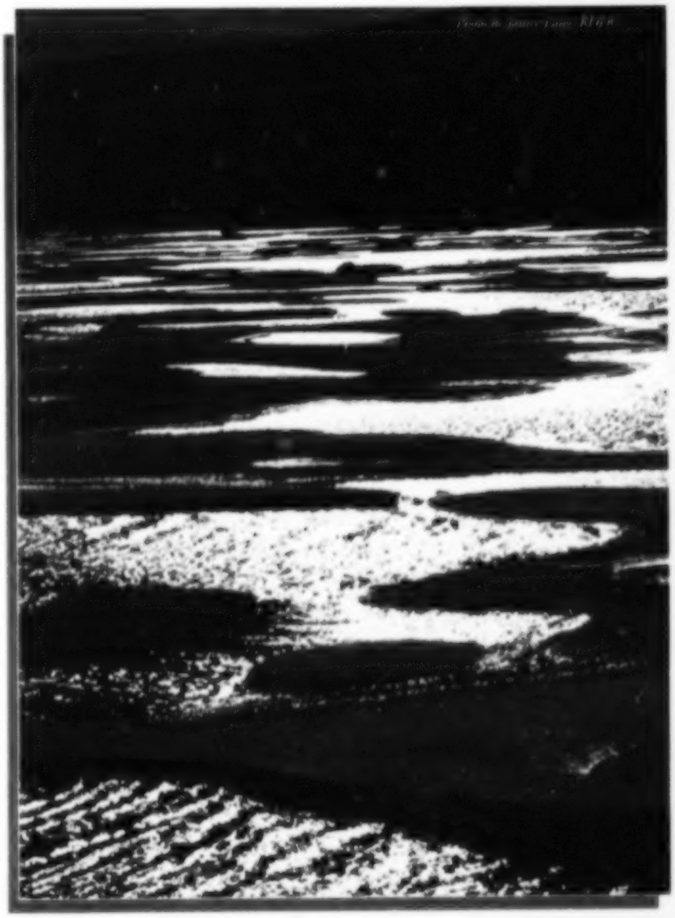
- La Direction de la recherche climatologique du SMC, en collaboration avec des scientifiques de l'INRE et de l'université de Waterloo, a élaboré un modèle couplant l'atmosphère, la surface terrestre et l'hydrologie pour des applications aux ressources hydriques et d'autres applications de recherche dans des environnements nordiques et tempérés.

- MAGS a considérablement amélioré nos connaissances de certains processus climatiques nordiques importants mais mal compris jusqu'ici, comme l'évaporation à la surface de la neige et des lacs nordiques. Des chercheurs de centres météorologiques canadiens et étrangers utilisent présentement ces connaissances, de même que les données recueillies sur le terrain par MAGS, pour améliorer les modèles de prévision climatologique et météorologique.

- Des scientifiques de la Région des Prairies et du Nord du SMC étudient les bilans énergétiques et les régimes thermiques de plusieurs lacs subarctiques du Bouclier canadien de tailles très diverses, allant de petits étangs au Grand lac des Esclaves.

- L'université McMaster et la Société d'énergie des Territoires du Nord-Ouest ont formé un partenariat et, conjointement avec MAGS, mènent des études sur le terrain qui portent sur les processus de génération d'eaux de ruissellement dans la partie subarctique du Bouclier canadien. Les scientifiques introduiront les résultats de ces études dans des modèles hydrologiques, ce qui améliorera les prévisions à court et à long terme de l'écoulement fluvial de nombreux cours d'eau du Bouclier canadien, et est important pour la production d'hydroélectricité et l'approvisionnement en eau.

- Une équipe de scientifiques de la Région des Prairies et du Nord du SMC, du Service canadien des forêts et de l'université McGill se concentre sur le rôle des orages dans



le cycle de l'eau et de l'énergie de l'écosystème boréal du bassin du Mackenzie. Les orages sont fréquents l'été et la foudre est la cause de la majorité des feux de forêt. Les résultats de cette étude, conjointement avec des scénarios de climat prévu, seront utiles pour évaluer les potentialités de feu de forêt dans la région.

Il n'y a pas de doute que MAGS sera durant de nombreuses années un élément clé dans la connaissance des impacts climatiques. Dans les années qui restent, les scientifiques de l'étude MAGS collaboreront avec les intervenants pour utiliser les connaissances acquises et élaborer des outils qui aideront à résoudre les problèmes liés aux ressources en eau et au climat dans le nord du Canada. Les méthodes et les outils de recherche élaborés par MAGS sont applicables à d'autres bassins hydrographiques au Canada et dans d'autres pays nordiques.

Scientifiques au travail sur le terrain au site météorologique de Snare River, pendant l'étude MAGS.

IMPACTS ET ADAPTATION

Étude d'impact sur le bassin du Mackenzie

En plus de vivre dans un environnement rude et isolé, les habitants du Nord sont également très vulnérables à la contamination chimique et aux effets des températures et des précipitations extrêmes associés au changement climatique. La recherche sur les impacts et l'adaptation est par conséquent essentielle à la santé et à la sécurité des collectivités nordiques du Canada.

Le SMC a participé à l'Étude d'impact sur le bassin du Mackenzie (EIBM), un programme de recherche en collaboration de six ans commencé en 1990 qui a mené à la publication en 1997 de l'Étude d'impact sur le bassin du Mackenzie. Le but de l'étude était d'examiner les impacts du changement climatique sur les terres, l'eau et les collectivités du Nord canadien. Le bassin du Mackenzie a été choisi parce que c'est une région qui devrait subir certains des plus importants impacts liés au changement climatique dans le monde, et parce que les modes de vie des résidents y sont étroitement liés aux ressources naturelles et au sol. Cette région a subi une importante élévation de température au cours des 50 dernières années.

L'EIBM avait la particularité de rapprocher des scientifiques venant de nombreux horizons, et des intervenants allant de l'industrie aux organismes autochtones, à participer à une revue exhaustive des recherches. Les participants se sont concentrés sur l'importance des divers résultats des recherches pour les habitants et les collectivités du nord du Canada.

Au cours du projet, le niveau de participation s'est élevé, de même que la compréhension mutuelle entre les scientifiques, les décideurs et le public.

Les résultats de l'étude indiquent que les impacts les plus probables du changement climatique sur les terres, l'eau et les collectivités du Nord canadien seront :

- une baisse du niveau minimum des lacs
- une plus grande érosion et des glissements de terrain plus nombreux résultant du dégel du pergélisol
- une augmentation des dangers de feu de forêt et de parasites forestiers
- des dangers pour les modes de vie autochtones
- des impacts mixtes sur l'accès aux animaux sauvages
- des avantages potentiels pour l'agriculture résultant d'une plus grande période de croissance si on étend les services d'irrigation

Une évaluation intégrée des impacts du changement climatique et de l'adaptation connexe exige un partenariat à long terme entre les scientifiques et les intervenants à toutes les étapes du processus de recherche. Les résultats de l'étude ont sensibilisé les décideurs au changement climatique partout dans le monde.

Fort Simpson, ville pittoresque du bassin du Mackenzie.

La cryosphère

SUIVI DE LA NEIGE ET DE LA GLACE

La cryosphère est la partie du système climatique qui est constituée des masses de glace et des dépôts de neige, y compris les nappes glaciaires, les calottes glaciaires et les glaciers, la glace de mer, la couverture nivale, les glaces lacustre et fluviale, et le gélisol saisonnier et le pergélisol.

La cryosphère est l'une des plus importantes caractéristiques de l'environnement physique et biologique du Canada, dont la plus grande partie subit plusieurs mois de couverture nivale chaque hiver, plus de la moitié est couverte par la zone de pergélisol, et une grande partie des eaux navigables est perturbée par les glaces. De plus, nos masses de glace terrestre forment la plus grande couverture de glace permanente de l'hémisphère nord à l'extérieur du Groenland. Dans la Cordillère nord-américaine, les glaciers sont une composante importante du système hydrologique des montagnes.

Il est nécessaire de surveiller et de comprendre la cryosphère pour étudier des questions scientifiques importantes comme la contribution des glaciers et de la nappe glaciaire à l'élévation du niveau de la mer, et obtenir une meilleure représentation des processus et rétroactions cryosphériques dans les modèles climatiques et hydrologiques. Il y a également des besoins internes permanents de surveiller la cryosphère au Canada pour la prise de décisions, et comprendre sa réaction au réchauffement et les

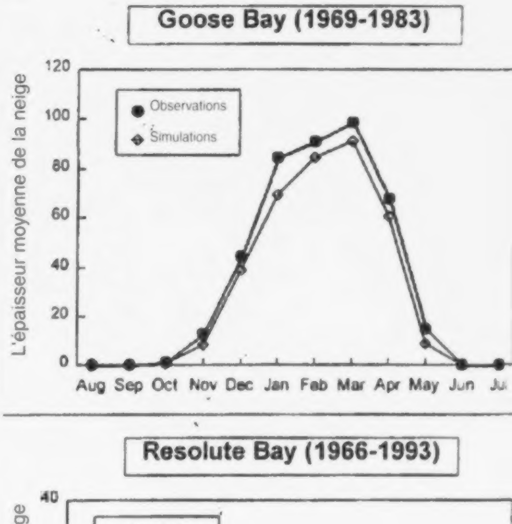
impacts qu'elle aura sur nos écosystèmes et notre économie. Cette dernière est particulièrement importante parce qu'une vaste gamme d'activités au Canada est sensible au changement des éléments cryosphériques (p. ex. agriculture, transports, construction, exploitations minières, exploration pétrolière en mer, loisirs).

Le SMC joue un rôle important dans la surveillance de la cryosphère canadienne par des observations de la couverture nivale, de la glace de mer et de la glace lacustre, et par une représentation améliorée de la cryosphère dans les modèles de prévision météorologique et les modèles climatiques. De plus, le SMC est le chef de file du réseau CRYSYS (voir ci-dessous) qui appuie les travaux de R-D visant à surveiller et à mieux comprendre la variabilité et le changement de la cryosphère canadienne.

Mesures de terrain de la couverture de neige

Mesures par satellite de la couverture nivale de la toundra canadienne

La profondeur et l'étendue de la couverture nivale varient considérablement et dépendent de facteurs comme la fréquence et l'intensité des chutes de neige, des conditions météorologiques entre ces événements, de la redistribution par le vent, de la topographie de la surface et de la couverture végétale. Il est onéreux et fastidieux de mesurer la couverture nivale par les méthodes classiques à cause de la grande étendue et des variations spatiales de la couverture nivale du Nord du Canada. Des estimations exactes de la couverture nivale de la toundra sont nécessaires pour les prévisions opérationnelles de poudrerie élevées, pour quantifier le stockage de l'eau l'hiver et pour étudier les tendances climatologiques. Cette information est particulièrement importante avec la rapide expansion des activités d'exploration minière dans le Nord. Étant donné que les mesures quotidiennes régulières de l'épaisseur de la neige sont concentrées dans des régions sous la latitude de 55 °N, les scientifiques sont en train d'élaborer des techniques de télémesure dans le but d'améliorer la représentation spatiale des mesures de la couverture nivale aux latitudes plus élevées.



Comparaison des observations et des simulations de l'épaisseur mensuelle moyenne de la neige à deux sites de zones aux climat de neige différents – Goose Bay (taiga – ouverte) et Resolute Bay (toundra); R. Brown.

Des capteurs hyperfréquence passifs satellisés ont démontré qu'ils peuvent cartographier dans toutes les conditions météorologiques l'**équivalent en eau de la neige** pour des types particuliers de couverture terrestre, bien que l'élaboration des algorithmes d'extraction doive être validée en comparant les résultats à des mesures sur le terrain.

La Direction de la recherche climatologique du SMC a récemment terminé un programme important de cartographie de la neige avec des enquêteurs venus de l'université Wilfrid Laurier. Ce programme a été mené en hélicoptère et en motoneige entre le 27 avril et le 10 mai 2004; on y a mesuré la couverture nivale et la glace lacustre à environ 225 sites au voisinage de la Station de recherche sur l'écosystème de la toundra du lac Daring, à 300 km au nord de Yellowknife. Les données de cette étude aideront les scientifiques à élaborer et à évaluer des méthodes utilisant des capteurs hyperfréquence passifs satellisés pour surveiller la couverture nivale de la toundra.

Les scientifiques du SMC ont prévu une étude de suivi pour avril 2005; celle-ci inclura l'acquisition de données de radiomètres hyperfréquence aéroportés et installés au sol. Un certain nombre d'organismes privés et publics collaborent et contribuent à ce projet, dont le Réseau canadien de l'eau, le MAINC, le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, l'Étude du plateau continental polaire, NWT Power et BHP Billiton.

SYSTÈME CRYOSPHÉRIQUE DU CANADA (CRYSYS)

CRYSYS (ou CRYosphere SYStem) est un projet de recherche scientifique interdisciplinaire, dirigé par le Canada, qui fait partie du programme d'observation de la Terre de la NASA. CRYSYS vise principalement à développer les capacités qui permettent de suivre et de comprendre les fluctuations régionales et à grande échelle des composantes cryosphériques canadiennes (glace de mer, couverture nivale, glace d'eau douce, glaciers et calottes glaciaires, gélisol et pergélisol) et à parfaire les connaissances sur le rôle de la cryosphère dans le système climatique.

Dans le cadre du projet CRYSYS, le SMC recueille et analyse des ensembles de données cryosphériques historiques importantes pour appuyer la surveillance du climat et la validation des modèles climatiques. CRYSYS est un projet de recherche concerté auquel participent plus de 30 chercheurs de 14 universités, 6 groupes de recherche du gouvernement fédéral et le secteur privé. Le SMC a hébergé et financé CRYSYS depuis 1993. L'Agence spatiale canadienne (ASC) est devenue un partenaire financier important de CRYSYS en 2000 dans le cadre de son Programme des initiatives connexes du gouvernement. Le projet CRYSYS a développé et renforcé des partenariats scientifiques entre les ministères, l'Agence spatiale canadienne et les universités. Il a également permis aux scientifiques et aux organismes canadiens de conserver un leadership, des compétences et une visibilité dans le développement d'applications de systèmes satellisés pour étudier la cryosphère et ses réactions au changement climatique.

Les principales contributions de recherche du SMC à l'étude CRYSYS sont dues à la Direction générale des sciences atmosphériques et climatiques et au Service canadien des glaces. On trouvera ci-dessous des exemples récents de contributions de recherche du SMC à l'étude CRYSYS dans les domaines de la surveillance du climat, des applications de systèmes satellisés et de l'élaboration d'ensembles de données climatiques.

Chercheurs de CRYSYS prélevant une carotte de glace à Churchill (Manitoba).

Surveillance du climat :

- études au moyen d'aéronefs ou sur le terrain dans des régions nordiques (p. ex. zones de transition entre le nord de la forêt boréale et la toundra au Manitoba et dans les Territoires du Nord-Ouest) pour vérifier les déterminations passives de l'équivalent en eau de la neige par des capteurs hyperfréquence installés à bord de satellites (collaboration avec Hydro-Manitoba et NWT Power à l'appui d'applications à l'hydroélectricité);
- exportation de plusieurs stations climatologiques à des sites de surveillance du pergélisol du Nord canadien (Norman Wells, Churchill, Iqaluit) pour évaluer les effets de la variabilité climatique sur le pergélisol.

Applications de systèmes satellisés :

- élaboration de techniques pour déterminer la vitesse de déplacement de la glace de mer dans le bassin arctique et le flux de la glace de mer dans l'Atlantique Nord au moyen de radiomètres à balayage hyperfréquence de pointe;
- élaboration de méthodes améliorées de prévision des glaces de mer saisonnières dans la baie d'Hudson à l'appui de la navigation commerciale;
- élaboration d'une documentation sur la variabilité des processus de prise et de dislocation de la glace lacustre dans les grands lacs du nord du Canada au moyen de données de détection hyperfréquence passive par satellite.

Élaboration d'ensembles de données climatiques :

- fusion d'informations obtenues par satellite et en surface sur l'équivalent en eau de la neige dans le centre de l'Amérique du Nord pour obtenir une information continue à partir de 1915;
- élaboration d'un ensemble de données maillé sur la neige de l'Amérique du Nord pour évaluer le modèle de circulation générale (MCG) du SMC en collaboration avec le Centre météorologique canadien;
- analyse et correction des inhomogénéités des cartes de glace de mer historiques.

CRYSYS fournit une information à jour et cohérente sur la cryosphère au Canada au public et aux décideurs par le truchement du Canadian Cryospheric Information Network (CCIN **http://www.ccin.ca**), qui a été créé en partenariat avec l'université de Waterloo, et du site Web « État de la cryosphère au Canada » (**http://www.socc.ca**), qui est tenu à jour par le CCIN. On trouvera d'autres informations sur CRYSYS à l'adresse **http://www.crysys.ca**.

ÉTUDE DU SYSTÈME CLIMATIQUE DE L'ARCTIQUE (ACSYS)

L'Étude du système climatique de l'Arctique (ACSYS) a été un Programme mondial de recherches sur le climat (PMRC) de dix ans, qui a commencé le 1er janvier 1994, pour étudier le rôle de l'Arctique dans le système climatique planétaire.

Bien que l'ACSYS se soit terminée officiellement en décembre 2003, un certain nombre de ses initiatives ont été transférées au programme Climat et cryosphère (CliC)

Cours d'eau du Nord canadien.

du PMRC qui a été lancé en 2000. L'ACSYS a eu 241 participants de 20 pays différents, les scientifiques du SMC jouant des rôles clés dans la recherche et dans l'organisation de l'étude.

Le but de l'ACSYS était d'élaborer et de coordonner des activités scientifiques nationales et internationales dans l'Arctique ayant les trois objectifs principaux suivants :

- comprendre les interactions entre la circulation, la couche de glace et le cycle hydrologique dans l'océan Arctique;
- lancer des programmes à long terme de recherche et de surveillance liés au climat dans l'Arctique;
- fournir une base scientifique à une représentation précise des processus arctiques dans les modèles du climat planétaire.

À titre d'organisme chef de file, le SCM a fait des contributions substantielles au groupe d'expérimentation numérique, au groupe de gestion des données et de l'information, et au groupe directeur scientifique de l'ACSYS, ainsi qu'au comité organisateur de la dernière conférence de l'ACSYS. Le SMC a également offert son expertise et son leadership aux activités scientifiques de l'ACSYS, comme le Projet de comparaison des modèles de glaces de mer (PCMGM), le projet de comparaison de modèles arctiques 2e du Projet de comparaison des schémas de comparaison de la surface terrestre, et le logiciel d'animation utilisé pour mieux comprendre la dynamique des glaces de mer et le transport des glaces dans les régions polaires. Le SMC fait également d'importantes contributions à l'International Arctic Buoy Program (IABP). La participation du SMC au PCMGM se poursuit dans le cadre du projet CliC. Pour de plus amples renseignements, visiter le site Web de l'ACSYS à **http://acsys.npolar.no**.

PROJET CLIMAT ET CRYOSPHÈRE (CLIC)

Le Programme mondial de recherches sur le climat (PMRC) a créé le projet Climat et cryosphère (CliC) en mars 2000. CliC est un programme de 15 ans qui s'appuie sur les initiatives de l'ACSYS (laquelle s'est terminée en 2003), mais a une portée beaucoup plus étendue.

Les recherches effectuées dans le cadre du projet CliC visent toute la cryosphère (c.-à-d. couverture nivale; glaces marine, lacustre et fluviale; glaciers et nappes glaciaires; calottes glaciaires et plates-formes de glace flottante; gélisol et pergélisol) et son lien avec le climat. Le but principal du projet CliC est d'évaluer et de quantifier les impacts de la variabilité et du changement climatique sur les composantes de la cryosphère, et de déterminer la stabilité de cette dernière.

Au cours des deux dernières décennies, les Canadiens ont vu de grands changements dans l'état de la neige, de la glace et du pergélisol au Canada. Il y a moins de neige sur le sol, la neige et la glace fondent plus tôt au printemps, l'étendue de la glace de mer arctique s'est rétrécie considérablement, les glaciers de montagne reculent rapidement, de grandes étendues de pergélisol dégèlent et d'importantes formations de glace se désintègrent. Ces changements ont non seulement des impacts importants pour le Canada (p. ex. un danger pour la quantité et la qualité de l'eau), mais influent également sur le système climatique planétaire par des liens et des réactions, comme un transfert accru d'eau douce vers l'océan Arctique.

Le projet CliC mobilise la communauté des chercheurs canadiens afin qu'elle adopte une approche multidisciplinaire intégrée dans la science de la cryosphère au Canada. Cette approche est cruciale pour comprendre et modéliser ce qui se passe dans des régions comme la baie d'Hudson, où le climat est sous l'influence d'interactions complexes entre le ruissellement d'eau douce, la circulation océanique et la circulation atmosphérique. Un comité spécial CliC Canada a été créé en 2003 pour faire la promotion du projet CliC au Canada et élaborer un plan national pour l'étude. Le SMC fournit les services de secrétariat au comité et a organisé le premier atelier de CliC Canada en décembre 2003.

Le SMC joue également un important rôle de meneur dans le programme CliC international en fournissant le président du groupe directeur scientifique, ainsi que le leadership pour la Phase II du Projet de comparaison des modèles de glaces de mer, et la Phase II du Projet de comparaison des modèles de neige. Les scientifiques du SMC participeront également au projet CliC par :

- une validation des estimations obtenues par satellite de l'équivalent en eau de la neige de la toundra
- des estimations du transfert de glace et d'eau douce par l'archipel Arctique canadien
- des ensembles de données sur la neige pour la surveillance du climat et l'évaluation des modèles
- des ensembles de données sur la glace de mer pour la surveillance du climat et l'évaluation des modèles
- l'observation et la modélisation des processus sur surface froide et des flux de carbone dans la forêt boréale au supersite de recherche et de surveillance sur les écosystèmes boréaux (« BERMS ») appuyé par le SMC.

Étude de la circulation dans l'archipel canadien (CATS)

L'étude de la circulation dans l'archipel canadien (CATS) est une étude internationale de cinq ans qui groupe des scientifiques canadiens et américains dans le but de suivre simultanément pour la première fois le transfert de la glace de mer et de l'eau douce de l'océan Arctique à l'Atlantique Nord à travers les îles de l'Arctique canadien. Le transfert d'eau douce par l'océan Arctique est un processus important qui influe sur la circulation du système océanique planétaire et, par conséquent, sur le climat planétaire.

L'étude utilisera des instruments captifs sur l'océan, des données de télédétection par satellite, des analyses chimiques et une modélisation de l'atmosphère pour déterminer la quantité et l'origine de cette eau douce. Une grande partie des instruments a été installée durant l'expédition de 2003 dans le détroit de Nares (entre le nord de l'île d'Ellesmere et le Groenland) à bord du navire Healy de la garde côtière des États-Unis.

Des scientifiques du SMC sont en train d'élaborer une méthode permettant d'utiliser des données hyperfréquence obtenues par satellite pour évaluer le transport de la glace de mer. Les satellites donnent une représentation spatiale plus exacte du mouvement de la

Prélèvement d'un échantillon d'eau par un équipage de la Garde côtière canadienne à bord du Zodiac2 – avec l'aimable autorisation de la Garde côtière canadienne

glace de mer dans les principales voies de navigation de l'archipel Arctique que les instruments captifs in situ à la surface de l'océan. Quand elle sera au point, cette approche fournira les estimations les plus fiables du transport de la glace de mer de l'océan Arctique à l'Atlantique Nord.

Cette étude est financée par la National Science Foundation (NSF) des États-Unis ainsi que par le gouvernement canadien par l'intermédiaire du SMC et du ministère des Pêches et Océans. L'information obtenue grâce à l'étude profitera aux programmes du changement climatique planétaire du Canada et des États-Unis et au programme Climat et cryosphère (CliC).

ÉTUDE SUR LA PLATE-FORME ARCTIQUE CANADIENNE (CASES)

Le réseau de l'étude sur la plate-forme arctique canadienne (CASES) regroupe plus de 70 experts en sciences polaires venant de dix universités canadiennes, quatre ministères fédéraux (Pêches et Océans, Environnement Canada, Ressources naturelles Canada et Défense nationale) et neuf pays étrangers (États-Unis, Japon, Royaume-Uni, Danemark, Russie, Pologne, Norvège, Belgique et Espagne).

Hélicoptère et brise-glace de la Garde côtière canadienne pendant une campagne d'échantillonnage CASES de l'écosystème de la plate-forme Mackenzie dans la mer de Beaufort.

L'objectif principal de l'étude est l'échantillonnage à longueur d'année de l'écosystème de la plate-forme du Mackenzie dans la mer de Beaufort. L'étude s'est déroulée en deux phases, une expédition préliminaire de cinq semaines d'août à septembre 2002 pour ancrer les instruments à des emplacements clés, qui a été suivie par l'hivernage d'un brise-glace sur la plate-forme du Mackenzie de septembre 2003 à août 2004. La Garde côtière canadienne a fourni l'expertise administrative, logistique et maritime pour exploiter les brise-glaces de recherche au cours du projet.

Afin d'aider à la préparation de la proposition initiale pour l'étude, le Service canadien des glaces (SCG) du SMC a fourni au projet CASES une information climatologique sur la glace pour la zone d'étude proposée. Le SCG a également fourni à l'équipe une information cruciale sur la faisabilité de l'hivernage d'un navire dans la zone d'étude, ainsi que l'information nécessaire pour déterminer si la condition des glaces permettrait d'établir durant l'hiver des transects dans la polynie de séparation (une ouverture non linéaire enclose dans la glace et limitée sur un côté par de la glace fixée). Le SCG a également joué un rôle critique pour déterminer l'emplacement optimal de déploiement de brise-glaces et a fourni des renseignements à l'équipe sur la dislocation printanière de la glace.

Quand l'Amundsen a quitté Québec le 13 septembre 2003, un spécialiste des glaces du SCG était à bord pour fournir des informations sur les glaces au navire à des fins opérationnelles au moyen d'images Radarsat et de cartes des glaces produites quotidiennement par le SCG. Le spécialiste est resté à bord jusqu'au 2 novembre 2003 quand le navire a été immobilisé par les glaces. Durant l'hiver, des cartes des glaces mensuelles ont été transmises au navire pour surveiller le pack en solidification.

Le SCG a également fait partie du sous-groupe des glaces de mer de CASES. Le groupe scientifique s'est concentré sur la validation des signatures hyperfréquence de la glace de mer dans la zone d'étude de CASES. Avec l'université de Calgary et l'université du Manitoba, un spécialiste technique du SCG a aidé les scientifiques de CASES à élaborer, à tester et à déployer deux diffusiomètres de surface d'avant-garde. Ces instruments ont servi à améliorer les cartes de la glace de mer avec des données RADARSAT-2. Le spécialiste technique du SCG a travaillé à bord du brise-glace.

Conjointement avec CASES, la Division scientifique de la Région des Prairies et du Nord du SMC a fourni aux chercheurs diverses données climatologiques pour la zone d'étude sur le terrain et a contribué au programme d'observation aérologique en fournissant des radiosondes et des ballons à l'expérience. La Division scientifique a également fourni des images satellitaires spécialisées pour le site et travaillé en collaboration avec l'université de l'Alberta dans une expérience sur le terrain d'une durée de six semaines.

Le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) et la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI) financent largement l'étude CASES. Les scientifiques qui participent à l'étude s'intéressent à tous les aspects de l'écosystème de la plate-forme du Mackenzie, allant du dioxyde de carbone dans l'atmosphère aux ours blancs. En particulier, CASES se concentre sur les impacts du réchauffement climatique sur les processus biologiques et physiques de l'écosystème de la plate-forme du Mackenzie.

ARCTICNET

ArcticNet est un projet des Réseaux de centres d'excellence (RCE) du Canada. Des partenaires effectueront des études d'impact régionales intégrées dans les régions marines côtières de l'Arctique canadien de 2003 à 2008. ArcticNet contribuera aux connaissances nécessaires pour formuler les politiques et les stratégies d'adaptation concernant les collectivités côtières de l'Arctique. Le réseau est centré sur un brise-glace de recherche nouvellement adapté, l'*Amundsen*, qui est une plate-forme unique pour effectuer des travaux de recherche multidisciplinaires dans l'Arctique canadien. Des chercheurs d'ArcticNet collaborent avec des équipes de recherche des États-Unis, du Japon, du Danemark, de Suède, de Norvège, de Pologne, du Royaume-Uni, d'Espagne, de Russie, du Groenland et de France.

Le SMC procure un leadership au projet ArcticNet par sa présence au sein du conseil d'administration. Le réseau a présentement plus de 20 projets organisés selon les quatre thèmes de recherche suivants :

- Impacts du changement climatique dans l'Extrême-Arctique canadien : une étude comparative le long du gradient est-ouest des conditions physiques et sociétales.
- Les aliments, l'eau et les ressources dans le gradient thermique nord-sud mouvant de l'est de l'Arctique canadien terrestre.
- Gestion du plus grand bassin hydrographique canadien dans un nouveau climat : interactions terre-océan dans la partie subarctique de la baie d'Hudson.
- Adaptation au changement dans l'Arctique canadien : transfert de connaissances, politiques et stratégies.

Météorologie et hydrologie

LABORATOIRE NATIONAL D'HYDROMÉTÉOROLOGIE ET DE L'ARCTIQUE DU SMC

Le SMC est en train de créer le Laboratoire d'hydrométéorologie de l'Arctique (LHA) à Edmonton, qui sera co-implanté avec son Centre de prévision des tempêtes pour les Prairies et l'Arctique. Ce laboratoire national se concentrera sur les sciences appliquées portant sur les événements hydrométéorologiques et les phénomènes météorologiques arctiques à fortes incidences, et transférera cette recherche appliquée à des opérations. Ce laboratoire s'occupera de ces types d'événements météorologiques à fortes incidences dans tout le pays. La co-implantation du LHA et du Centre de prévision des tempêtes offrira au personnel scientifique et opérationnel des possibilités de discuter entre eux et de demander conseil sur des questions scientifiques opérationnelles.

Laboratoire d'hydrométéorologie

Reconnaissant l'expertise en hydrologie de l'Institut national de recherche sur les eaux (INRE) de Saskatoon et de la Division des relevés hydrologiques du Canada ainsi que l'expérience en météorologie du SMC, et collaborant avec ces organismes, le LHA se concentrera sur les deux thèmes suivants :

1. Applications météorologiques d'appui à l'hydrologie
   - validation des estimations quantitatives des précipitations (EQP) obtenues par radar
   - études sur les précipitations
   - modélisation couplée
   - études sur les précipitations appréciables

2. Rétroaction des clients à l'INRP (Saskatoon) et à d'autres laboratoires nationaux du SMC
   - applications hydrologiques pour résoudre les problèmes de gestion des ressources en eau
   - opérationnalisation des recherches élaborées à l'INRP (Saskatoon), dans les universités, etc.
   - modélisation hydrologique

Laboratoire de l'Arctique

Le laboratoire de l'Arctique cherchera à obtenir une meilleure compréhension et une meilleure prévision des phénomènes météorologiques à fortes incidences qui touchent les habitants des grandes latitudes du Canada. Les thèmes de recherche identifiés par la communauté des clients comprennent entre autres :

- des études sur les blizzards et les poudreries
- la prévision des vents
- la télédétection
- la modélisation mésoéchelle

Un exemple d'une nouvelle initiative de modélisation mésoéchelle régionale au LHA est exposé ci-dessous.

Photo de Janice Lang, RDDC

MODÉLISATION MÉSOÉCHELLE DE PHÉNOMÈNES ATMOSPHÉRIQUES DANS L'ARCTIQUE

Dans de nombreuses collectivités de l'Arctique, une bonne prévision des vents est cruciale pour prévoir de nombreux autres éléments météorologiques. Par exemple, la température et la formation de brouillard sont toutes deux très sensibles à la direction du vent dans les collectivités côtières, et les poudreries et les blizzards dépendent de façon critique de la vitesse du vent. Dans le Nord, de nombreuses collectivités se trouvent dans des régions à topographie complexe, près de montagnes et de fjords profonds. Étant donné que les observations sont clairsemées dans le Nord (dans l'Arctique, les sites sont espacés par plusieurs centaines de kilomètres), l'effet de la topographie sur les vents de surface est souvent inconnu. De même, à de nombreuses stations le comportement du vent est mal compris, ou prévu incorrectement par les modèles opérationnels. Par exemple, à Resolute Bay au Nunavut, en quelques minutes on peut passer de vents du nord légers à des vents du nord-est moyens ou forts.

Les modèles mésoéchelle à haute résolution peuvent donner aux prévisionnistes une vue représentative de l'écoulement du vent à la surface et en altitude dans une région de faible étendue. Ces modèles permettent aux prévisionnistes de visualiser la configuration de l'écoulement dans des régions à topographie complexe. Le passage en machine de ces modèles à haute résolution exige cependant de nombreuses heures de traitement informatique, de sorte qu'ils ont peu d'utilité pratique et sont trop onéreux sur une base opérationnelle. Malgré cela, ils peuvent fournir des informations précieuses aux prévisionnistes dans les études de cas.

Des chercheurs du LHA, conjointement avec des chercheurs de la RPN, ont planifié des études de cas dans diverses collectivités de l'Arctique pour étudier divers régimes météorologiques. Les scientifiques utiliseront une version à haute résolution du GEM (modèle global environnemental multiéchelle des prévisions météorologiques numériques) à mailles de 2,5 km de côté. Les résultats du modèle serviront de base à des notes de formation qui montreront graphiquement les configurations de circulation créées à la surface par les régimes météorologiques et caractéristiques de surface dominants. Les prévisionnistes pourront utiliser ces connaissances conceptuelles pour reconnaître et mieux prévoir les vents sur une base opérationnelle afin de produire des avertissements météorologiques plus précis visant à protéger les résidents du Nord. L'utilisation de données satellitaires dans le Nord a également amélioré les prévisions météorologiques.

Photo de Janice Lang, RDDC

Étude des impacts des dangers météorologiques sur les collectivités locales

Des chercheurs du Laboratoire de l'Arctique de la Région des Prairies et du Nord du SMC collaboreront avec l'université McGill et d'autres directions du SMC (la Direction de la recherche météorologique et le Service canadien des glaces) dans un prochain projet ArcticNet. Ce projet vise à accroître les capacités de prévision des dangers météorologiques et connexes dans l'Arctique. L'étude évaluera les impacts de ces dangers météorologiques sur les collectivités locales et prédira comment la fréquence de ces événements dangereux changera avec le climat.

Afin de progresser dans ces questions cruciales, le projet proposé se concentrera sur les événements météorologiques extrêmes au Nunavut. Dans l'Arctique canadien, les établissements permanents se trouvent surtout dans les régions côtières qui, pour la plupart, contiennent des falaises escarpées, des collines et des montagnes. Le but du projet est de déterminer la nature générale des tempêtes d'hiver au Nunavut, et la façon dont elles dépendent de la topographie locale et des transitions terre-mer. Cette étude se concentrera sur les collectivités d'Iqaluit de l'île de Baffin et du lac Baker.

La Région des Prairies et du Nord du SMC a présenté un certain nombre de propositions de recherche pour l'API qui vient, dont un modèle de fréquence des incendies qui aidera à élargir les capacités actuelles de prévision de la foudre, et des programmes d'évaluation et de surveillance de la densité de la neige dans l'Arctique.

La petite collectivité de Cape Dorset.

Prévisions météorologiques à grand impact – Expérience sur le terrain en Arctique THORPEX

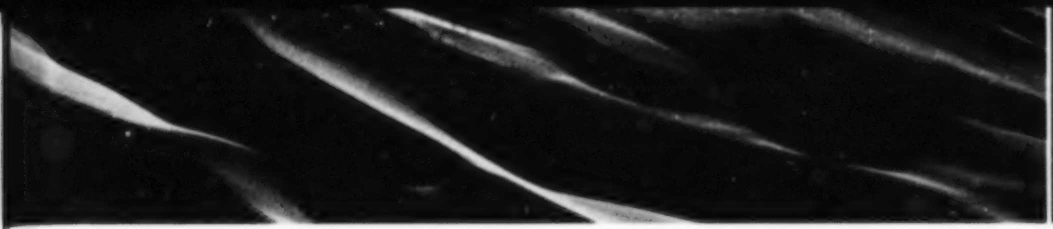
Le but de l'expérience THORPEX est d'accélérer l'amélioration de la précision des prévisions météorologiques à grand impact sur 1 à 14 jours dans les parties du monde sous l'influence des régions polaires. L'amélioration des prévisions planétaires est un avantage pour la société et l'économie à l'échelle mondiale. THORPEX est une initiative du Programme de recherches atmosphériques globales de l'Organisation météorologique mondiale.

THORPEX sera la composante météorologique des activités de l'Année polaire internationale qui s'en vient. Le projet visera des phénomènes météorologiques particuliers, comme l'impact des perturbations arctiques sur le temps en Europe, et l'effet des courants extrêmes sortant de l'océan Arctique sur le temps en Asie et en Amérique du Nord. De plus, THORPEX contribuera à améliorer l'utilisation des données sur les hautes latitudes obtenues par satellite et sur place grâce à ses divers programmes d'assimilation de données, et participera à des études régionales sur le terrain associées aux activités de l'API.

Au SMC, le meneur du projet est la Direction de la recherche météorologique de la Direction générale des sciences atmosphériques et climatiques, mais il y aura également des collaborateurs venant de la Direction générale de la prévision de l'environnement atmosphérique, de la Direction générale de l'observation atmosphérique et des relevés hydrométriques et de la Région du Pacifique et du Yukon.

Prévision des écoulements fluviaux

La surveillance des écoulements fluviaux dans le nord du Canada est clairsemée comparativement à l'étendue de la région à surveiller. Des méthodes sûres sont nécessaires pour extrapoler avec précision les écoulements fluviaux mesurés entre des bassins jaugés et des régions non jaugées. En réponse à un développement industriel en croissance, des scientifiques de la Région des Prairies et du Nord (RPN) du SMC travaillent présentement à un projet visant à prévoir les caractéristiques d'écoulement fluvial dans les bassins non jaugés de la vallée du Mackenzie. Ce projet appuie les activités continues de planification des réseaux de la Division des relevés hydrologiques du Canada du SMC, et les évaluations environnementales des aménagements actuels et proposés concernant l'industrie et les transports dans la région.



Sites Internet connexes

Services et produits météorologiques du SMC

Canada	www.weatheroffice.ec.gc.ca
Nunavut	www.weatheroffice.ec.gc.ca/forecast/canada/index_f.html?id=NU
Territoires du Nord-Ouest	www.weatheroffice.ec.gc.ca/forecast/canada/index_f.html?id=NT
Yukon	www.weatheroffice.ec.gc.ca/forecast/canada/index_f.html?id=YK
Ontario	www.weatheroffice.ec.gc.ca/forecast/canada/index_f.html?id=ON
Québec	www.meteo.ec.gc.ca/forecast/canada/index_f.html?id=QC
Labrador	www.weatheroffice.ec.gc.ca/forecast/canada/index_f.html?id=NF

Foudre – Réseau canadien de détection de la foudre
www.weatheroffice.ec.gc.ca/lightning/index_f.html

Réseaux de surveillance maritime
www.weatheroffice.ec.gc.ca/marine/index_f.html

Information sur la glace de mer – Service canadien des glaces
www.ice-glaces.ec.gc.ca

Division des relevés hydrologiques du Canada
www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/rel_arch/index_f.html

Archives de données et de renseignements climatiques
www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/Welcome_f.html

Recherche atmosphérique, climatique, des glaces et d'hydrologie

Quatrième année polaire internationale
www.dfait-maeci.gc.ca/circumpolar/int_polar_year-en.asp

Recherche atmosphérique

Alert 2000 – Expérience du lever du soleil polaire
www.msc-smc.ec.gc.ca/projects/alert2000/index_f.html

Programme des contaminants du Nord
www.ainc-inac.gc.ca/ncp/index_f.html

Base de données sur les rejets mondiaux de pesticides (GloPeRD)
www.msc.ec.gc.ca/data/gloperd

Climat et changement climatique

Système mondial d'observation climatique
www.wmo.ch/web/gcos/gcoshome.html

Centre canadien de modélisation et d'analyse climatiques
www.cccma.bc.ec.gc.ca

Bulletin des tendances et des variations climatiques
www.msc-smc.ec.gc.ca/ccrm/bulletin

Étude GEWEX du Mackenzie (MAGS)
www.usask.ca/geography/MAGS

Étude des répercussions sur le bassin du Mackenzie
www.msc-smc.ec.gc.ca/airg/research_projects/mack_basinstudy/sum_results_f.cfm

Réseau canadien d'information cryosphérique (CCIN)
www.ccin.ca

État de la cryosphère canadienne
www.socc.ca

CRYSIS – SYStème CRYosphérique au Canada
www.msc-smc.ec.gc.ca/crysys

Étude sur le système climatique arctique (ACSYS)
www.acsys.npolar.no

Projet du climat et de la cryosphère (CliC)
www.clic.npolar.no

ArcticNet
www.arcticnet-ulaval.ca

▼ **Météorologie et hydrologie**

Thorpex
www.wmo.int/thorpex/mission.html

▼ **Évaluation**

Évaluation des répercussions sur le climat arctique
www.acia.uaf.edu

Ozone arctique
www.msc-smc.ec.gc.ca/education/arcticozone/index_f.cfm

Changement climatique et appauvrissement de la couche d'ozone : Comprendre les liens
www.msc-smc.ec.gc.ca/saib/ozone/docs/ozone_depletion/index_f.html

Glossaire

SIGLE (ANGLAIS/ FRANÇAIS, LE CAS ÉCHÉANT)	DÉSIGNATION EN TOUTES LETTRES
ACIA	Évaluation de l'impact du changement climatique dans l'Arctique
ACSD/DGSAC	Direction générale des sciences atmosphériques et scientifiques
ACSYS	Étude des systèmes climatiques de l'Arctique
AMAP/PSEA	Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique
AMDAR	Programme de retransmission des données météorologiques d'aéronefs
AMWSD/DGOARH	Direction générale de l'observation atmosphérique et des relevés hydrologiques
AR/RA	Région de l'Atlantique
ATAD	Répondeur téléphonique automatisé
AWOS	Système automatisé d'observations météorologiques
CAPMoN/RCEPA	Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air
CASES	Étude sur la plateforme arctique canadienne
CATS	Étude de la circulation dans l'archipel canadien
CCCma/CCmaC	Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique
CCG/GCC	Garde côtière canadienne
CFI/FCI	Fondation canadienne pour l'innovation
CIS/SCG	Service canadien des glaces
CLDN/RCDF	Réseau canadien de détection de la foudre
CliC	Projet climat et cryosphère
CMAC/CMCA	Centre météorologique canadien pour l'aviation
CMAQ	Système de modélisation sur la qualité de l'air
CMC	Centre météorologique canadien
CRYSYS	Systèmes cryosphérique au Canada
CSA/ASC	Agence spatiale canadienne
DFO/MPO	ministère des Pêches et des Océans
DND/MDN	ministère de la Défense nationale
EC	Environnement Canada
EMR/EMR	Énergie, Mines et Ressources
GAW/VAG	Veille de l'atmosphère du globe
GCM/MCG	Modèle de circulation générale – parfois appelé Modèle climatique global
GCOS/SMOC	Système mondial d'observation du climat
GEM	Mercure élémentaire gazeux
GEM	Modèle global environnemental multiéchelle
GEWEX	Expérience mondiale sur les cycles de l'énergie et de l'eau
GloPeRD	Base de données mondiale sur les rejets de pesticides
GNWT	Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest

MGRMLA	Modèle global et régional des métaux lourds dans l'atmosphère
GSC/CGC	Commission géologique du Canada
GSN/RMS	Réseau mondial de surface
HAL	Laboratoire d'hydrométéorologie et de l'Arctique
HAWS/SMEA	Station météorologique de l'Extrême-Arctique
IAND/MAIN	ministère des Affaires indiennes et du Nord
IPCC/GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
IPY/API	Année polaire internationale
LWIS	Stations météorologiques à information limitée
MAGS	Études GEWEX du Mackenzie
MBIS	Étude d'impact sur le bassin du Mackenzie
MDE	Phénomènes d'épuisement de mercure
MSC/SMC	Service météorologique du Canada
NAV CANADA	Compagnie privée sans but lucratif chargée par délégation, par le gouvernement du Canada, de fournir des services à l'aviation civile (y compris des services météorologiques) au Canada.
NCE	Réseau de centres d'excellence
NCP	Programme d'étude des contaminants du Nord
NSF	Fondation nationale des sciences (É-U.)
NWS	National Weather Service (U.S.A.)
OASIS	Initiative multidisciplinaire internationale pour l'étude des interactions Océan-Atmosphère-Glace de mer-stock nival dans les régions polaires
OCP	Pesticides organochlorés
ODAS/SADO	Système d'acquisition de données océaniques
ODS/SACO	Substances appauvrissant la couche d'ozone
OGD	Autres ministères
OR/RO	Région de l'Ontario
P&Y/PetY	Région du Pacifique et du Yukon
PCSP	Plateau continental polaire
PNR/RPN	Région des Prairies et du Nord
POPs/POP	Polluants organiques persistants
QR/RQ	Région du Québec
RHBN	Réseau hydrométrique de référence
SGPERM	Modèle maillé simplifié des émissions et des résidue de pesticides
SPC	Centre de prévision des tempêtes
SWE	Équivalent en eau de la neige
UTC	Constante du temps universel
UV	Ultraviolet
VOS	Programme des navires bénévoles
WCRP/PMRC	Programme mondial de recherches sur le climat
WDCGG/CMDGS	Centre mondial de données relatives aux gaz à effet de serre -- OMM
WMO/OMM	Organisation météorologique mondiale
WSD	Division des relevés hydrologiques